

Trabajo Fin de Grado

Análisis de propiedades biofísicas (LAI, CWC, CAB y FCOVER) de comunidades pascícolas de alta montaña (Pirineo aragonés) mediante imágenes Sentinel-2

Autor:

Néstor Arazo Rubio

Director:

Fernando Pérez Cabello

Facultad de Filosofía y Letras 2020

Agradecimientos

En primer lugar, quiero dar las gracias a mi tutor, Fernando Pérez Cabello, por su disponibilidad a la hora de quedar para tutorías y todas las dudas que me ha solucionado durante esas sesiones, además, de todos los materiales que me ha facilitado para la realización del proyecto. Pese a que estemos viviendo unos momentos difíciles se ha mantenido disponible todos estos meses.

En segundo lugar, quiero dar las gracias a mi familia que siempre me han apoyado en las decisiones que he tomado y me han servido de guía. En especial a mi hermano que siempre ha sido mi inspiración. Sin ellos esto no sería posible.

Finalmente, quiero dar las gracias a mis amigos tanto a los que han estado ahí siempre como a los que he conocido al iniciar los estudios universitarios. Han estado tanto en los buenos momentos, como en los momentos más difíciles sirviéndome de apoyo.

Resumen

Desde los años 90 la Unión Europea ha promulgado una serie de directivas con el objetivo de proteger todo de hábitats. Este trabajo va a centrarse en los pastizales seminaturales sin árboles y plantas leñosas. Concretamente en dos zonas. Una de ellas situada en el Pirineo Occidental y otra, en el Oriental. Se analizarán sus propiedades biofísicas y posteriormente se pondrá en relación el LAI con las variables topo-morfológicas (altitud, pendiente y orientación). Para ello se han utilizado tres imágenes Sentinel 2 para cada una de las zonas de estudio en distinto periodo del año. Finalmente, se ha realizado una propuesta de las agrupaciones de los hábitats pascícolas en función de las propiedades biofísicas.

Palabras clave: ANOVA, LAI, FCOVER, CAB, CW, Comunidades pascícolas, Propiedades biofísicas, Variables topo-morfológicas.

Abstract

Since the 90s the European Union has promulgated several directives with the aim of protecting all habitats. This assignment is going to be focused on semi-natural meadows without trees and woody plants specially in two areas. One of them located in the western Pyrenees and the other one in the Eastern Pyrenees. Its biophysical properties will be analyzed and later the LAI will be related to the topo-morphological variables (altitude, slope and orientation). For this, three Sentinel 2 images have been used for each of the study areas in different periods of the year. Finally, a proposal has been made of the groupings of grazing habitats based on their biophysical properties.

Keywords: ANOVA, LAI, FCOVER, CAB, CW, Pascicultural communities, Biophysical properties, Topo-morphological variables

Contenido

1. Introducción	6
1.1 La Teledetección en el análisis de la vegetación	7
1.2 Fenología y propiedades biofísicas de la vegetación	8
2. Objetivos	10
3. Áreas de estudio y caracterización geográfica	11
3.1 Relieve	12
3.2 Clima	13
3.3 Vegetación	16
4. Materiales y Métodos	19
4.1 Materiales	20
4.1.1 Información cartográfica sobre hábitats pascícolas	20
4.1.2 Tipos de pastos y caracterización	20
4.1.3 Información procedente de imágenes de satélite	26
4.2 Metodología	27
4.2.1 Tratamiento de las imágenes	27
4.2.2 Variables topo-morfológicas	28
4.2.3 Tratamiento estadístico	29
5. Resultados y análisis	30
5.1 Distribución de las propiedades biofísicas por hábitat	30
5.1.1 Distribución de los valores de LAI	30
5.1.2 Distribución de los valores de CW	33
5.1.3 Distribución de los valores de CAB	34
5.1.4 Distribución de los valores de FCOVER	36
5.2 Análisis de las interacciones de los tipos de hábitat y las variables topo- morfológicas ..	38
5.2.1 Altitud	38
5.2.2 Pendiente	40
5.2.3 Orientación	42
5.3 Análisis de los datos	44
6. Conservación de los tipos de hábitat	45
7. Conclusión	47
8. Bibliografía y otras fuentes de información	49
9. Anexos	53

Índice de figuras

Figura 1. Localización sobre una ortofoto del área de estudio en el Pirineo occidental

Figura 2. Localización sobre una ortofoto del área de estudio en el Pirineo oriental

Figura 3. Precipitación anual total en Aragón

Figura 4. Temperatura media anual en Aragón

Figura 5. Climograma del municipio de Jaca

Figura 6. Climograma del municipio de Aínsa

Figura 7. Vegetación del entorno de Jaca

Figura 8. Vegetación del entorno de Aínsa

Figura 9. Distribución de los valores promedio de LAI e intervalos de confianza al 95% por tipos de hábitat

Figura 10. Distribución de los valores promedio de CW e intervalos de confianza al 95% por tipos de hábitat

Figura 11. Distribución de los valores promedio de CAB e intervalos de confianza al 95% por tipos de hábitat

Figura 13. Distribución de los valores promedio de FCOVER e intervalos de confianza al 95% por tipos de hábitat

Figura 14. Valores del LAI en los tipos de hábitat teniendo en cuenta la variable biofísica altura

Figura 15. Distribución de los valores del LAI según la altura

Figura 16. Valores del LAI en los tipos del hábitat teniendo en cuenta la variable biofísica pendiente.

Figura 17. Distribución de los valores del LAI según la pendiente

Figura 18. Valores del LAI en los tipos del hábitat teniendo en cuenta la variable biofísica orientación

Figura 19. Distribución de los valores del LAI según la Orientación

Índice de tablas

Tabla 1. Características topo-morfológicas de los tipos de hábitat

Tabla 2. Fechas respectivas a la descarga de imágenes satélite

Tabla 3. Clasificación en grupos según la variable topo-morfológica (altura)

Tabla 4. Clasificación en grupos según la variable topo-morfológica (pendiente)

Tabla 5. Clasificación en grupos según la variable topo-morfológica (orientación)

Tabla 6. Clasificación en grupos según la variable topo-morfológica (valor forrajero)

Tabla 7. Resultados del análisis ANOVA, valores promedio de LAI por tipos de hábitat

Tabla 8. Comparación por pares mediante el test de Bonferroni de los valores de LAI por tipos de hábitat

Tabla 9. Resultados del análisis ANOVA. Valores promedio de CW por tipos de hábitat

Tabla 10. Comparación por pares mediante el test de *Bonferroni* de los valores de CW por tipos de hábitat

Tabla 11. Resultados del análisis ANOVA. Valores promedio de CAB por tipos de hábitat

Tabla 12. Comparación por pares mediante el test de *Bonferroni* de los valores de CAB por tipos de Hábitat

Tabla 13. Resultados del análisis ANOVA. Valores promedio de FCOVER por tipos de hábitat

Tabla 14. Comparación por pares mediante el test de *Bonferroni* de los valores de CAB por tipos de Hábitat

1. Introducción

Las comunidades pascícolas tienen gran importancia en Aragón, abarcan un total de 700.000 ha, que incluyen especies herbáceas o arbustivas; mucha de esta superficie se deriva de la larga tradición histórica de la ganadería extensiva en la comunidad (BOA n°148, 30-11-2001). Sin embargo, esta situación ha cambiado a lo largo del tiempo. Con la llegada de la industrialización se produjo un éxodo de la población rural con destino a las ciudades, en las que se concentraron grandes flujos de personas (Bernués y Olaizola, 2012). La migración del campo a la ciudad provocó un desequilibrio territorial en el que la población joven migraba a las ciudades en busca de mayores oportunidades provocando que la población rural quedase muy envejecida. Esto tuvo como consecuencia que no existiese relevo generacional en la ganadería extensiva, que se encargaba de limpiar los pastos de las áreas montañosas. Esta ganadería ayudaba a que se pudiese mantener la biodiversidad y el paisaje cultural (Bernués y Olaizola, 2012).

El hecho de que no existiese ese relevo provocó el descenso de las cabezas de ganado tanto de bovino como ovino, y se produjo un abandono de los pastizales. Lo que desencadenó que el paisaje cambiase muy bruscamente en poco tiempo debido a que ya no existían tantas actividades antrópicas en el territorio (Lasanta-Martínez, 2005). En estos pastizales se ha producido un incremento de especies arbóreas, este proceso puede ser positivo o negativo. Por ejemplo, un efecto positivo que puede tener la invasión arbórea es la organización de la escorrentía y un mejor traslado de los sedimentos (Lasanta-Martínez, 2005). Sin embargo, predominan aspectos negativos, por ejemplo, producir la estandarización del paisaje, la pérdida de biodiversidad y, por último, el riesgo de que se produzca un incendio aumenta considerablemente (Vicente-Serrano, 2000).

Dada la importancia de estas áreas se crearon figuras de protección, al estar incluidas en inventarios de especial interés a nivel de biodiversidad. Es el caso de la directiva 43/92/CEE, que parte de la definición de hábitat natural o seminatural para configurar la Red Natura 2000, en ella se recogen los distintos tipos de hábitats de interés que se definen por principios fitosociológicos, amenazados por la reducción de su extensión o por ser representativas de alguna de las cinco zonas biogeográficas que

se localizan en Europa. Su conservación responde a dos criterios científicos: el porcentaje que presenta cada estado y su singularidad. En Aragón se encuentran 121 hábitats (69,5%) del total de los 179 tipos que se reconocen en Europa, muchos de los cuales se vinculan a comunidades pascícolas de alta montaña.

1.1 La Teledetección en el análisis de la vegetación

El término teledetección nace en los años 1950 gracias a la geógrafa oceanógrafa Evelyn Pruiit. Aunque sus orígenes se remontan a la invención de la fotografía y el uso de los globos aerostáticos en el siglo XIX y la fotografía aérea en el XX. El IGN lo define como *“La técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor, genera una serie de datos que son procesados posteriormente para obtener información interpretable de la Tierra”*. Sus objetivos son variados: proporciona información sobre la ocupación y usos del suelo, sirve para la predicción meteorológica y ayuda a la comprensión y posterior análisis de la agricultura y vegetación.

Desde el punto de vista de la vegetación, proporciona información actualizada y de mayor exactitud sobre cómo han sido los procesos evolutivos de las especies en un marco espacio/temporal. Y, mediante este proceso se puede tener una visión más amplia de la evolución de las comunidades vegetales en sus ciclos fenológicos y así, poderlos comparar.

En 1957 la puesta en órbita del primer satélite artificial (Sputnik, URSS) supuso el inicio de la carrera espacial. EEUU en 1972 lanza su primer satélite que uso técnicas de teledetección. Posteriormente, la investigación aeroespacial fomentó el estudio de la Tierra desde el espacio (TIROS-I, NOAA, Apolo 9) en la década de los años 60-70. Gracias al programa norteamericano ERTS (*Earth Resources Technological Satellite*), también llamado LANDSAT, la NASA inició una serie de estudios centrados en la teledetección, con el lanzamiento de siete satélites LANDSAT entre 1972-1999. A partir de ese momento y gracias al avance de la tecnología, otros países, organismos públicos y empresas mostraron interés por la teledetección, entre ellos la Agencia Espacial Europea (ESA) con el ERS (IGN).

En 2001 ante los retos medioambientales la ESA inició el programa *Copernicus*, cuyo objetivo principal es el seguimiento del cambio climático para una mejor gestión del medioambiente y facilitar la seguridad ciudadana. Todo ello con la ayuda de información precisa, inmediata y accesible a sus usuarios. Al principio la iniciativa se denominó “Monitorización Global para el Medio Ambiente y la Seguridad” (GMES). En 2012 paso a llamarse *Copernicus*. Actualmente, la ESA coordina y distribuye los datos proporcionados por más de treinta satélites y es la Comisión Europea la que define las condiciones y gestiona los servicios, siempre en colaboración con la Agencia Espacial (IGN).

El fin último es que la UE posea su propia información geográfica para la toma de decisiones en la protección del medioambiente y de la ciudadanía sin depender de terceros países. Dicha información uniría a los datos tomados en tierra, mar y aire, los obtenidos desde los satélites, para lograr una visión global. La información facilitada por los satélites Sentinel se encuentra disponible para su consulta libre y gratuita. Entre los satélites destaca el segundo satélite de la flota “Sentinel-2”, que facilita imágenes ópticas terrestres, que están disponibles a nivel 1C (con corrección radiométrica y geométrica) y a nivel 2A (con corrección atmosférica) (IGN).

1.2 Fenología y propiedades biofísicas de la vegetación

La fenología pertenece a lo que se denomina ciencia bioclimática. Su principal objetivo es conocer cómo afectan las características climáticas de una determinada zona a los procesos evolutivos de la vegetación que en ella habitan; su finalidad es comprender el espacio/tiempo donde se producen estos procesos naturales (Schnelle, 1995). Schwartz (2003) la define como: *“la ciencia que estudia los acontecimientos biológicos recurrentes periódicos de plantas y animales, que están influenciados por los factores ambientales, especialmente por la meteorología y los cambios de temperatura provocados por conocer el clima”*. El término fenología proviene del griego *“phainomenon”* que significa ‘aparecer’ y *“logo”*, ‘ciencia’.

Los primeros estudios fenológicos surgieron en China y Japón, estos estudios se centraban en el crecimiento del cerezo y el melocotonero. En Europa también se tienen estudios fenológicos antiguos, como el realizado por la familia Marsham en Reino Unido

que durante varias generaciones controlaron 27 ciclos fenológicos a lo largo de dos siglos (ss. XVIII-XX).

La fenología sirve para poder observar la evolución de la vegetación con mayor precisión, tanto interanual como en las estaciones a lo largo del año y poder sacar conclusiones. Permite recopilar mayor información tanto de una zona como de algunas especies. Su aplicación en agricultura es fundamental porque sirve para conocer qué zonas son tardías o tempranas, desfavorables o favorables, esto facilita la optimización del rendimiento agrícola. Además, se utiliza para saber con mayor exactitud el momento más idóneo para realizar un trabajo agrícola. Se aplica también en otros ámbitos científicos como la ornitología, porque permite conocer el ciclo biológico de una especie, y en entomología, porque facilita conocer cuándo se ha producido o se va a producir la puesta de los huevos.

En cuanto a las propiedades biofísicas, algunas de las más destacadas y que mejor permiten caracterizar los tipos de hábitats son el LAI (*Leaf Area Index*), el CWC (*Canopy Water Content*), el CAB (*Chlorophyll content in the leaf*) y el FCOVER (*Fraction of vegetation cover*).

El LAI (*Leaf Area Index*) se definió por primera vez en el año 1947 por J. Watson. Se entiende como la relación entre el área de las hojas verdes de una planta o formación vegetal, medidas por un solo lado, por unidad de área de la superficie del suelo. Se trata de una medida adimensional que se expresa en m^2 por unidad de superficie (m^2). El LAI tiene gran importancia para evaluar la productividad y la utilización del agua de las formaciones vegetales. Proporciona una medida sobre capacidad fotosintética de la vegetación y explica las conexiones existentes entre la biomasa acumulada y su rendimiento en las condiciones ambientales propias de una zona climática.

El CWC (*Canopy Water Content*) representa una estimación de contenido de humedad a nivel de dosel (follaje del pasto) y se obtiene del producto entre el LAI y el espesor equivalente de agua ("Equivalent Water Thickness" EWT, gramos de agua por superficie de la hoja) (Cheng et al., 2008). Este indicador es de gran importancia debido a su relación con el grado de senescencia de la vegetación, lo que puede ser de gran interés para identificar el estrés de la vegetación y su estado fenológico.

El CAB (*Chlorophyll content in the leaf*) es un indicador biofísico que cuantifica el contenido de clorofila de la cubierta vegetal que se relaciona con las moléculas que se encargan de la fotosíntesis y de proporcionar el color verde a las plantas.

El FCOVER (*Fraction of vegetation cover*) calcula la cantidad de superficie que está ocupada por la vegetación de una zona determinada. El valor del FCOVER va desde 0, que sería el nivel más bajo de vegetación por proporción de superficie, hasta el 1 que sería el nivel más alto de vegetación respecto a la superficie.

Todos estos indicadores, aunque muy correlacionados entre sí, proporcionan diferentes lecturas de carácter biofísico (capacidad fotosintética, productividad, estado fenológico, humedad, recubrimiento superficial), sobre el estado de los hábitats pascícolas analizados, en diferentes momentos a lo largo del año.

2. Objetivos

En este trabajo se estudiarán las propiedades biofísicas (LAI, CWC, CAB y el FCOVER) de los pastizales seminaturales y plantas leñosas del entorno de Jaca y de la zona de Aínsa (sector occidental y oriental pirenaico) mediante imágenes de satélite (Sentinel-2). Se trata de comunidades pascícolas incluidas en la *Directiva 92/43/CEE, sobre la Conservación de los Hábitat Naturales y la Flora y Fauna Silvestre*, situadas en los extremos longitudinales del Pirineo aragonés. La consecución del objetivo general implica la realización de una serie de objetivos específicos:

- Caracterización física y morfo-topográfica de los pastizales seminaturales sin árboles y plantas leñosas correspondientes a los hábitats: *Euphrasio*, *Mesobromenion*, *Festucion eskiae*, *Festucion scopariae*, *Nardion*, *Primulion* y prados.
- Determinación de propiedades biofísicas, LAI (*Leaf Area Index*), CWC (*Canopy Water Content*), CAB (*Chlorophyll content in the leaf*) y FCOVER (*Fraction of vegetation cover*).
- Realizar una propuesta de las agrupaciones de los hábitats pascícolas en función de las propiedades biofísicas.

3. Áreas de estudio y caracterización geográfica

Este estudio se basa en dos áreas de trabajo y se centrará en el análisis de los pastizales seminaturales sin árboles y plantas leñosas. La primera, como aparece representado en la **figura 1**, se localiza en la cercanía de Jaca, más concretamente en el norte de la comarca de la Jacetania, que se extiende desde el valle de Aragón hasta el valle de Ansó, esta área de estudio cuenta con un total de 31 km de longitud.

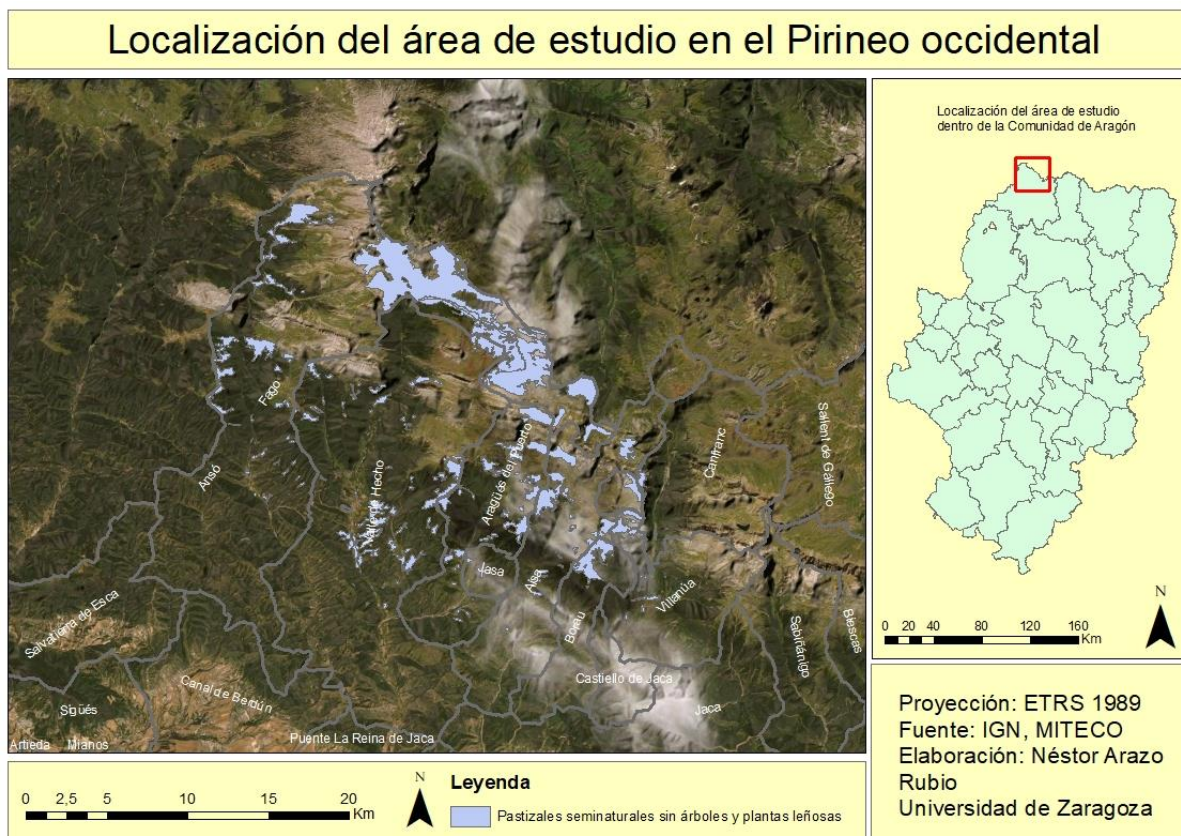


Figura 1. Localización sobre una ortofoto del área de estudio en el Pirineo occidental (destacada en color) y correspondiente a los pastizales seminaturales incluidos en los hábitats:

La segunda área de estudio **figura 2**, se sitúa en las cercanías de Aínsa. En el Sobrarbe, los pastizales seminaturales se localizan en el Noroeste, mientras que en la Ribagorza estos se sitúan en el centro de la comarca; por lo tanto, los pastizales en esta segunda área de estudio se extienden desde el valle del Cinca en Aínsa hasta el valle de Arán y valle de Boí.



Figura 2. Localización sobre una ortofoto del área de estudio en el Pirineo oriental (destacada en color) y correspondiente a los pastizales seminaturales incluidos en los hábitats.

3.1 Relieve

Las principales unidades en las que se reconocen los pastizales objeto de estudio son:

- El pirineo axial, se localiza en el norte de la comarca, se identifica con las cumbres más altas. La zona oriental presenta los picos de mayor altitud. La zona occidental presenta un relieve con valles paralelos de este a oeste separados por macizos.
- Las sierras interiores se localizan del noroeste-sureste y se pueden diferenciar fácilmente porque son una continuación de alineaciones montañosas con la vertiente dirección norte, que está rodeada por los flysch en el sur, mientras que en el norte está el pirineo axial.
- Flysch localizados al sur de las sierras interiores hasta llegar a las margas azules más al sur. Los flysch están formados por una sucesión de margas y areniscas.
- Las molasas, compuestas por arcillas y areniscas, surgieron cuando se levantaron los Pirineos y se dio una fuerte erosión en la zona, que provocó la creación de derrubios que arrastraron los materiales al sur (ISA, 2010).

3.2 Clima

La descripción y análisis de los climas de las áreas de estudio ayudan a conocer las características de las comunidades pascícolas objeto de estudio.

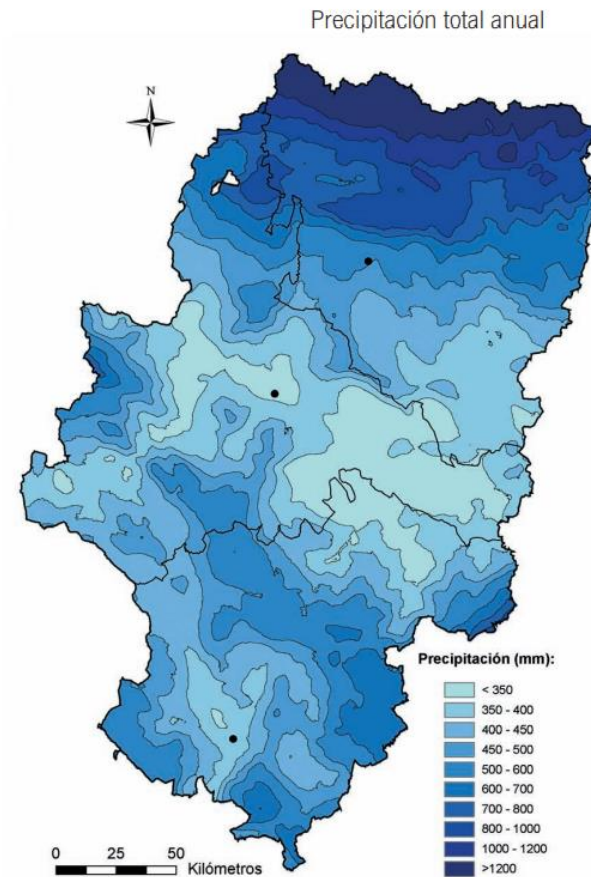


Figura 3. Precipitación anual total en Aragón Fuente: Atlas Climático de Aragón

Como se identifica en la **figura 3** en el Pirineo se recoge el mayor número de precipitaciones llegando estas a más de 1200 mm. Las precipitaciones son superiores en la zona occidental. Se observa en la **figura 3** que en los pastizales situados entre 900 a 2800 m. las precipitaciones aumentan conforme aumenta la altitud, llegando a 1700 mm en las Sierras Interiores Pirenaicas, donde las precipitaciones alcanzan valores relevantes.

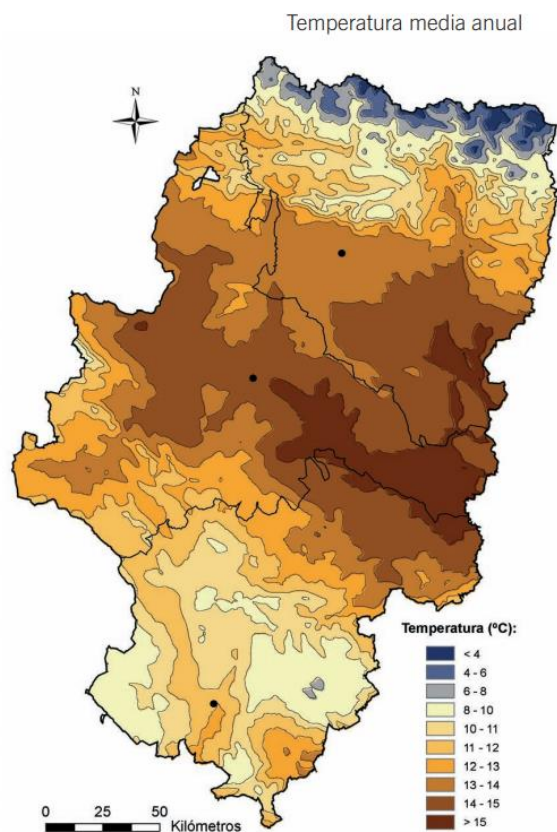


Figura 4. Temperatura media anual en Aragón Fuente: Atlas Climático de Aragón

Como muestra el mapa **figura 4**, la distribución de temperatura en Aragón se encuentra condicionada por la heterogeneidad de la orografía, que da como resultado una gran variedad térmica.

La **figura 4** muestra como en las Sierras Exteriores Pirenaicas se inicia un descenso de las temperaturas que bajan de los 10°C. En la zona central Pirenaica las temperaturas suben a promedios más templados. A partir de ahí, la mayor altura acelera el descenso térmico que llega a promedios anuales inferiores a 1°C en zonas de alta montaña superiores a 3000 m.

De manera más específica, se toman como referencia la información climática de las dos estaciones más representativas (Jaca y Aínsa), aunque las condiciones climáticas de los pastizales sean diferentes.

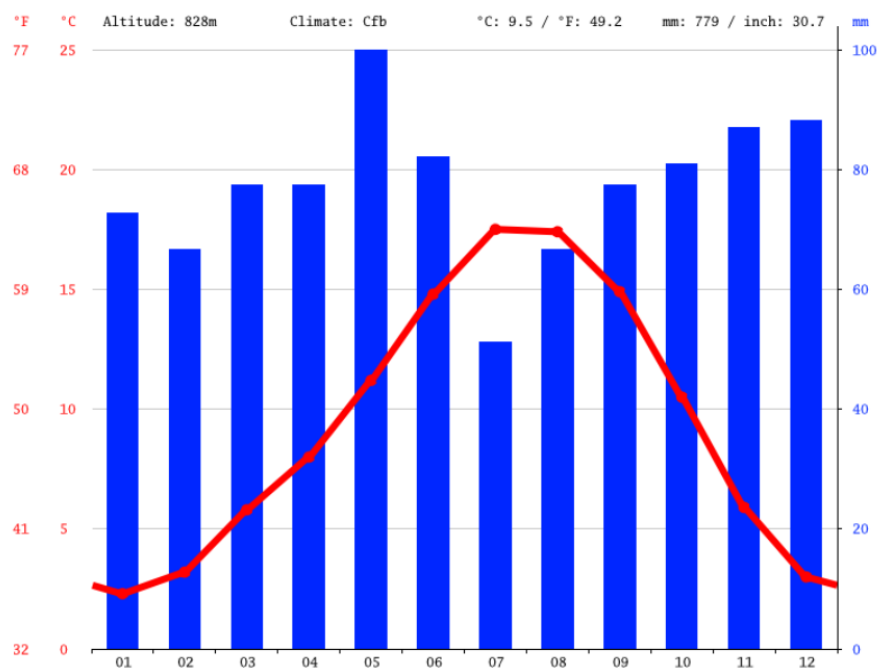


Figura 5. Climograma del municipio de Jaca. Elaboración: Climate Data.Org

El climograma muestra que Jaca tiene precipitaciones durante todo el año. Como se puede observar en la **figura 5** las temperaturas son suaves a lo largo del año. Según la clasificación de *Köppen* estaría dentro de los climas Csa (climas mediterráneos con verano cálido). Se caracterizan por tener inviernos fríos con bastantes precipitaciones y veranos cálidos con precipitaciones puntuales. También puede considerarse un clima de transición entre el mediterráneo, subcantábrico y continentalidad.

Jaca se encuentra a una altitud de 820 metros sobre el nivel del mar. Por lo tanto, su clima no corresponde exactamente al de los pastizales que comienzan a aparecer a una altura de 900m. Lo mismo ocurre con el clima del municipio de Ansó que está situado a mayor altitud (1000 m).

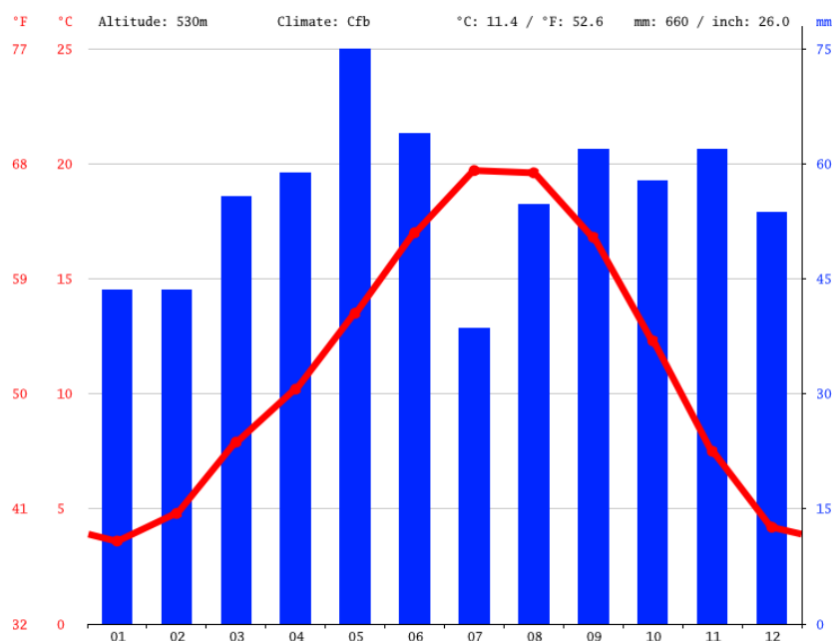


Figura 6. Climograma del municipio de Aínsa. Elaboración: Climate Data.Org

Aínsa se encuentra a una altura de 569m respecto al nivel del mar. Como se puede observar en el climograma las precipitaciones se suceden durante todo el año, en este aspecto presenta similitudes con las características de Jaca. Como se observa en la **figura 6** las temperaturas son suaves a lo largo de todo el año. Según la clasificación de Koppen, Aínsa se incluiría en un clima Cfb, es decir, un clima oceánico templado, caracterizado por inviernos fríos, temperaturas suaves durante el resto del año y abundantes precipitaciones.

3.3 Vegetación

La comunidad de Aragón tiene un nivel y una riqueza en términos de vegetación muy elevada, además el entorno físico tan diverso concede al territorio una flora heterogénea que nada tiene que ver entre una zona u otra. La Jacetania se considera una de las comarcas donde existe mayor diversidad florística y faunística. Su relieve, que oscila desde los 500 m hasta los 2883 m de Peña-Collarada, hace que se hayan creado multitud de ambientes con gran número de comunidades vegetales que tienen que adaptarse en algunos casos a un clima difícil (Gómez García,2004).

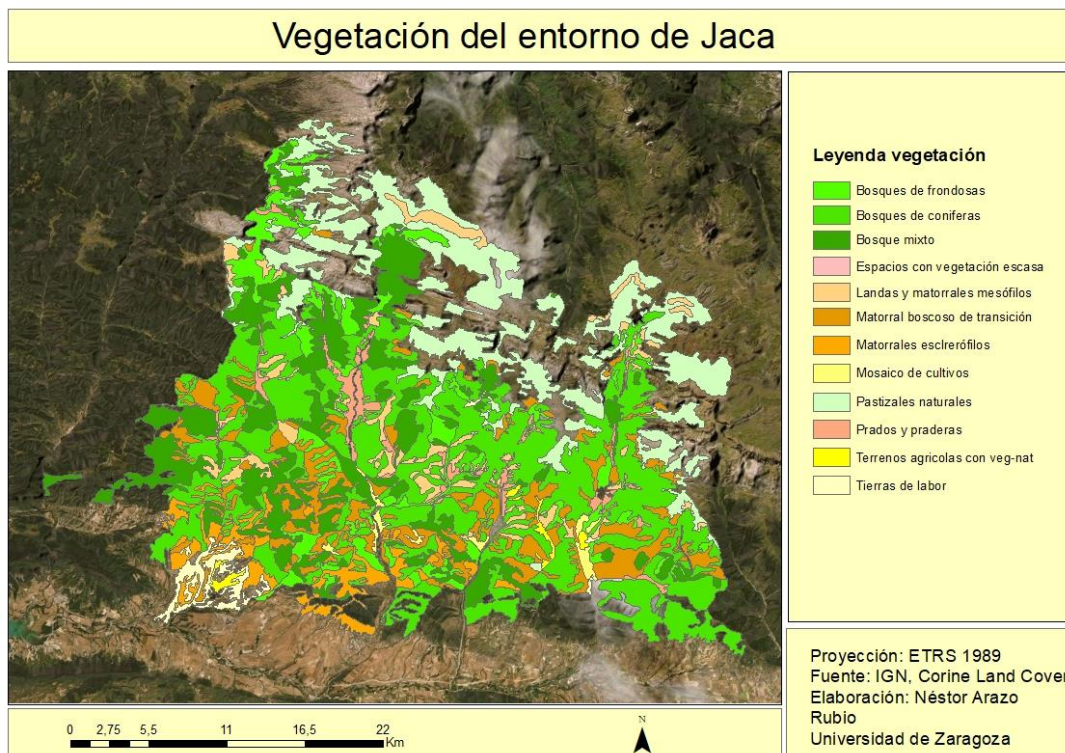


Figura 7. Vegetación del entorno de Jaca, Datos: Corine Land Cover

En el Pirineo oriental se localizan formas de relieve determinadas por el curso de los ríos como el Ésera, Ara y Cinca. Sus picos son de mayor altitud que las montañas del Pirineo occidental.

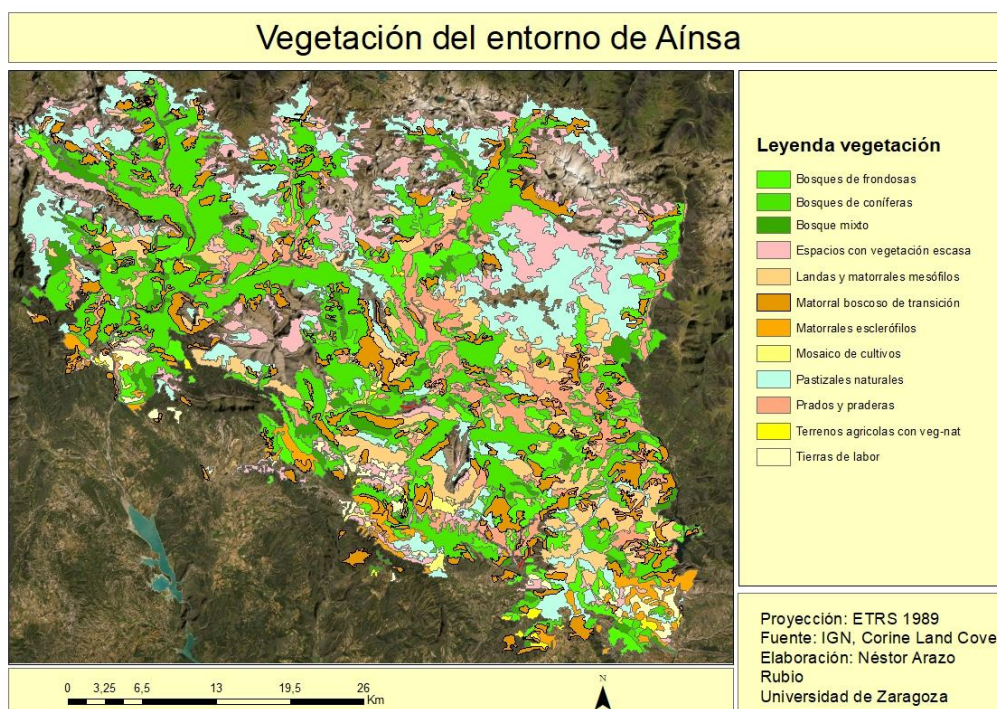


Figura 8. Vegetación del entorno de Aínsa, Datos: Corine Land Cover

Para la descripción de las formaciones vegetales donde aparecen los diferentes tipos de pasto es necesario tener en cuenta los pisos de vegetación, el relieve y los factores climáticos (Villar y Benito, 2001). Con el objetivo de incluir una clasificación de los tipos de vegetación y de las especies que allí se localizan, se seguirá el documento publicado por J.L Benito (2010).

A una altura de entre 800-1700 m se encuentra el piso **montano** que presenta las siguientes formaciones:

-Pasto mesófilo denso (*Euphrasio-Plantaginetum mediae*, *Mesbromion*), casi su totalidad de extensión es de hierbas perennes con hemicriptófitos: *Trifolium médium*, *Plantago media*, *Achilea millefolium*. Estos pastos se localizan en antiguos bosques que fueron utilizados por el ser humano; cuando se abandonan los prados de siega, evolucionan a este tipo de pasto.

-Los prados de siega (*Arrhenatheretalia*), también presentes en este piso, han sufrido acciones antrópicas de siega, abonado y pastoreo. La vegetación que se encuentra suelen ser gramíneas o leguminosas (*Trisetum flavescens*, *Arrhenatherum alatius* y *Trifolium repens*).

En el piso **subalpino** entre 1700-2300 m, se localizan las siguientes formaciones:

-El pinar calcícola de umbría (*Pulsatillo-Pinetum uncinatae*) cuya destrucción favorece la aparición de pastos del *Primulio intricatae* en lugares que reciben más nieve, y de pastos de *Mesobromion* y de *Nardion* donde la nieve no perdura.

-Los pinares acidófilos con rododendro (*Rhododendro-Pinetum uncinatae*), cuyo suelo está recubierto por musgos como *Pleurozium schreberi*, *Polytricum* y *Hylocomium splendens*. La degradación de estos pinares provoca que se transforme en pastos *Nardion* o *Festucion eskiae*.

-También se puede encontrar pastos mesófilos densos (*Mesobromion*), de dos tipos diferentes: los de solana, en los que predomina la *Festuca aniculata*, y en zonas con mayor humedad, el *Alchemillo-Festucetum nigrescentis*. El abandono de estos pastos puede provocar que el cervuno se instaure en la zona y a su vez pase a ser un *Nardion*; si sufren erosión evolucionan a un pasto pedregoso. En los cervunales

(Nardion) aparecen *Plantago alpina*, *Trifolium alpinum* y *Nardus stricta* dependiendo de la humedad.

-*Festuca eskia* (*Festucion eskiae*) es un tipo de pasto acidófilo muy denso, la aparición de este tipo de pastos sobre calizas está relacionada con la menor de presión del ganado equino. En las laderas calizas cuya orientación recibe mucha innivación aparecen pastos rasos de (*Primulion intricatae*). En las laderas calizas que reciben mayor radiación solar aparece una gramínea de hoja dura (*Festuca gautieri*). Factores climáticos y la composición del suelo favorecen la aparición de otras especies como la *Saponaria caespitosa* en lugares ventosos y *Erodium glandulosum* en lugares secos. Estos pastos duros pueden alcanzar el piso alpino inferior y en algunos casos sustituyen al pasto mesófilo (*Alchemillo-Festucetum*) y al cervunal (*Nardion*).

En el piso **alpino** (2300-2800 m) donde el suelo permanece helado mucho tiempo, se puede encontrar pasto culminal calcícola (*Elynion myosuroidis*) céspedes que surgen donde la nieve desaparece más pronto.

A mayor altitud se encuentra el piso **oromediterráneo** (1700-2300 m). En él se localizan pinares de pino negro (*Arctostaphylo-Pinetum uncinatae*, *Pinion uncinatae*), no muy abundantes debido a que han sido utilizados de forma excesiva para el pastoreo o han sufrido incendios. El pasto basófilo de crestas y suelos pedregosos, se localiza en cornisas ventosas, crestas o flysch, y en ocasiones puede sustituir al pino negro.

4. Materiales y Métodos

En las siguientes secciones se recogen las diferentes fases y tareas que componen la metodología aplicada en este trabajo. Desde la delimitación de las áreas de estudio a partir de las capas obtenidas, la caracterización de los tipos de pastos hasta el tratamiento de las imágenes satélite y el análisis estadístico.

4.1 Materiales

4.1.1 Información cartográfica sobre hábitats pascícolas

Para obtener la información correspondiente a los hábitats del área de estudio y con el fin de obtener mayor información para su interpretación y análisis posterior se descargaron varias capas del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

- N2k_LCLU_2012_LAEA_Spain: Capa descargada del IGN, proporciona información respecto a todos los tipos de hábitat que existen en España. Los tipos de hábitat vienen dados en códigos, en este caso a los pastizales seminaturales sin árboles y plantas leñosas les corresponde el código 4212. Se seleccionaron los hábitats correspondientes a la comunidad autónoma de Aragón y al observar que existe mayor número de hábitats 4212 en el norte de la comunidad se escogieron dos de sus zonas para su estudio.
- Huesca IC22_1997: Capa descargada del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), esta capa se corresponde con los lugares de interés comunitario de la provincia de Huesca, proporciona mayor información de los hábitats y de las especies que predominan en la zona. Por ello se unieron esta capa y la anterior y se obtuvo una nueva capa con mayor información.
- Corine Land Cover: Capa obtenida del IGN, proporciona información referente a los usos de suelo que se dan en las zonas de estudio, con esta información se elaboraron dos mapas de vegetación de cada una de las zonas.

4.1.2 Tipos de pastos y caracterización

Euphrasio

Códigos Atlas de los Hábitat Naturales y Seminaturales de España: 6212/521215: **Pastos seminaturales/Pastizales y prados xerofíticos basófilos cántabro-pirenaicos/Pastizales basófilos pirenaicos.**

Alianza *Mesobromion erecti* Br.-Bl. & Moor 1938em. Oberdorfer 1957.

Subalianza Mesobromenion.

Subasociación Euphrasio-Plantaginetum mediae O. Bolòs 1954.

Este tipo de pasto se localiza por toda Europa, aunque en España solo se puede ver en las zonas de montañas situadas al norte de la península. Se trata de pastos mesófilos densos (céspedes de una altura de entre 10 y 40 cm), calcícolas, del piso montano y

mitad inferior del subalpino (1200 y 1700 m, en cualquier exposición y lugares de poca pendiente), que integra una gran diversidad de hemicriptófitos (gramíneas, carices y leguminosas) entre la que destacan *Plantago media*, *Galium verum*, *Tritolium montanum*, *T. pratense*, *Lotus corniculatus* o *Agrostis capillaris* (Benito, 2010). Necesita suelos que tengan gran profundidad que preserven muy bien la humedad hasta el principio del verano. También presenta agostamiento en relación con las lluvias de verano. Muchas de estas parcelas antiguamente se utilizaron como campos de cereal que posteriormente se abandonaron provocando que evolucionasen hacia pastos de *Mesobromion*. Debido a la gran superficie que ocupa y su gran valor forrajero, además de su fácil accesibilidad, los convierte en pastos muy aprovechables para el ganado vacuno.

Mesobromenion

Códigos Atlas de los Hábitat Naturales y Seminaturales de España: 6212/
521210: **Pastos seminaturales/Pastizales y prados xerofíticos basófilos cántabro-pirenaicos/ Pastizales mesofíticos basófilos orocántabro-atlánticos y pirenaicos.**

Alianza *Mesobromion erecti* Br.-Bl. & Moor 1938em. Oberdorfer 1957.

Subalianza Mesobromenion.

Potentillo montanae-Brachypodion rupestri

Este tipo de pasto normalmente se localiza en suelos profundos sobre calizas y zonas climáticas donde rara vez se dan sequías veraniegas. Es un tipo de pasto muy poco acidificado. Normalmente este tipo de pastos se produce por el abandono de los prados. El *Mesobromenion* está muy bien aprovechado por el ganado, además, se pueden encontrar dos tipos: la *Festuca paniculata* que se utilizaba para coger hierba para cuando llegase el invierno, y el *Alchemillo-Festucetum* que cuenta con plantas de mayor altitud (Benito, 2005). Si se produce un abandono del *Mesobromenion* el cervuno (*Nardus stricta*) puede colonizarlo provocando que evolucione hacia un *Nardion*.

Festucion Eskiæ

Códigos Atlas de los Hábitat Naturales y Seminaturales de España: 6140/514010:
Pastizales y prados naturales y seminaturales/ Rupícolas crasifolios calcícolas cársticos/ Pastizales gramínoles oro-criorotemplados pirenaicos.

Alianza *Festucion eskiæ* BR-BL. 1948

Subasociación *Carici pseudotristis-Festucetum eskiae* Rivas-Martínez 1974

Festucion Eskiae es un tipo de pasto denso que se localiza por todo el Pirineo aragonés y catalán, pero es en Navarra donde encontramos las mayores representaciones. También está presente en los Montes Cantábricos y Picos de Europa. Se encuentra a una altitud de entre (1400)1800-2800 m entre el piso subalpino y parte baja del alpino, en pendientes de 10-25°. Normalmente se localiza en el Sur/Suroeste, en las laderas que se da poca innivación por encima de sustratos ácidos. Necesita suelos profundos, estables y puede aparecer sobre suelos calizos acidificados. Se trata de un césped denso que puede llegar a una altura de unos 30 cm. La forma biológica que predomina son los hemicriptófitos, más concretamente gramíneas. Las especies más representativas son *Festuca eskia*, *Carex sempervirens* subespecie *pseudotristis* y *Luzula nutans* (Benito 2010) además, también se puede encontrar plantas Nardion como por ejemplo *Nardus stricta*, *Trifolium alpinum*, *Anthoxanthum odoratum* o *Plantago alpina*. Aunque ocupa grandes superficies, su valor forrajero es bajo y depende directamente de la cantidad que tenga de la *Festuca eskiae*, *Nardus stricta*, *Festuca nigrescens* y rara vez de *Trifolium alpinum* (Gómez García, 2008).

Festucion Scopariae

Códigos Atlas de los Hábitat Naturales y Seminaturales de España: 6173/517310:
Pastizales y prados naturales y seminaturales/Pastizales basófilos mesofíticos y xerofíticos y xerofíticos alpinos (cántabro-pirenaico) y crioturbados de las altas montañas ibéricas /Pastizales basófilos de *Festuca gautieri* pirenaicos.

Alianza *Festucion Scopariae* Br.-Bl. 1948

Subalianza *Saponarion caespitosae* (P. Montserrat & Villar 1987) Rivas-Martínez, T.E.Díaz, F. Prieto, Loidi & Penas 1991

Subasociación *Oxytropido pyrenaicae-Festucetum scopariae*

El *Festucion scopariae* se localiza en los Pirineos y sobre todo en el sistema ibérico y montes cantábricos, a una altitud de 1600-2500 (2700) m entre el piso montano, subalpino y mitad inferior del alpino. Este tipo de pasto se puede observar tanto en los pastos pedregosos calizos subalpinos del Pirineo central como sobre sustratos margosos, dolomíticos o flysch, se suele desarrollar en pendientes de entre 15-40°, también se puede encontrar en todas las orientaciones, pero es más frecuente en solanas en las que la nieve se retira pronto. El *Festucion scopariae* predomina en laderas

pedregosas con sustrato calizo o crestas con crioturbación intensa, debido a que son pastos soleados que provocan los fenómenos periglaciares de hielo-deshielo iniciando así unos pequeños desplazamientos de las laderas (solifluxión). En estos predominan los hemicriptófitos, especialmente gramíneas, normalmente va acompañada de *Oxytropis neglecta*, *Thymelaea tinctoria subsp nialis*, *Koeleria vallesiana*, *Seseli montanum subsp nanum*, *Androsace villosa* (Benito 2010). En zonas más llanas con pedregosidad debido a la insolación y sequedad estival a las que se ven afectadas provoca que en estas zonas predominen especies que tengan mayor resistencia a periodos de sequía, algunas de estas son *Ononis cristata*, *Astragalus sempervirens*, como puede ser *Erodium glandulosum* o la *Koeleria* (Benito, 2010). Un dato destacable de esta especie es que crece con forma de media luna por su crecimiento centrífugo y el efecto de la pendiente, cuyas raíces mantienen estable el terreno, además su color verde-amarillento es muy característico y se puede observar fácilmente en verano. La cobertura de este tipo de pasto es media-baja, un 60%, y se puede encontrar orientado en todas las direcciones. La gran superficie que ocupan hace que su importancia de sea notable, aunque posee un valor forrajero escaso.

Nardion

Códigos Atlas de los Hábitat Naturales y Seminaturales de España: 6140/514020: **Pastizales y prados naturales y seminaturales/ Pastizales silicícolas mesofíticos orotemplados y criorotemplados-inferiores de *Festuca eskia*/Cervunales supra-oro-criotemplados pirenaico-cantábricos.**

Alianza *Nardion Strictae* Br-BI 1926

Subasociación *Alchemillo flabellatae-Nardetum strictae* Grüber (1975)

El *Nardion* en la península ibérica se puede encontrar en zonas con mucha humedad y en las áreas montañosas del norte. Estos pastizales se localizan a una altitud del piso montano, subalpino (1740-2300m) y parte baja del alpino, en las planicies y zonas con poca pendiente, entre un 10 y 25º. La orientación en la que se suele encontrar el *Nardion* es Sur y Suroeste. Los tipos de suelo en los que se sustentan generalmente son ácidos, profundos, compactados y poco permeables, de textura fina, lo que les permite conservar la humedad la mayor parte del año, aunque existen excepciones. La roca madre generalmente es caliza, pero también se desarrolla sobre el flysch y

esporádicamente sobre arenisca de matriz silíceas. Forman céspedes de entre 10-20 cm de altura en los que domina los hemicriptófitos. Se caracteriza por contar con una gran cantidad de cervuno (*Nardus stricta*), aunque también pueden aparecer otras especies como *Plantago alpina*, *Trifolium alpinum*, *Cerastium arvense* o *Gentiana acaulis* (Benito 2010). La calidad forrajera del *Nardion* es baja, aunque puede reunir muchas especies que sí tienen un alto valor nutricional (*Festuca nigrescens* y *Trifolium alpinum*) (Gómez, 2008). Por otro lado, el tránsito del ganado puede derivar en una pérdida de suelo que provoca que esta asociación se vea remplazada por los pastos pedregosos de *Oxytropido-Festucetum scoparie* cuando el sustrato es calizo (Benito, 2010).

Primulion

Códigos Atlas de los Hábitat Naturales y Seminaturales de España: 6171/517120: **Pastizales y prados naturales y seminaturales/Pastizales basófilos mesofíticos y xerofíticos alpinos (cantabro-pirenaicos) y crioturbados de las altas montañas ibéricas/ Pastizales pirenaicos orotemplados calcícolas.**

Alianza *Primulion intricatae* Br.Bl ex Vigo 1972

Subasociación *Festuco cummutatae- Trifolietum thalii* Br-Bl 1948

Este tipo de pasto se distribuye por la mayor parte del Pirineo y en la zona oriental de Europa. El *Primulion* suele habitar en superficies estables en laderas y rellanos a una altitud de 1800-2300 m en el piso subalpino y parte baja del alpino. La pendiente en la que se localiza este tipo de pasto suele ser baja entre un 0-25º, se sitúa en el norte en los lugares más bajos mientras que cuando se superan los 2000m puede aparecer en todas las orientaciones. Se suele asentar en suelos con poca profundidad y con pedregosidad. Además, cuentan con una cierta acidificación y preservan la humedad durante todos los periodos del año. El *Primulion* se asienta encima de sustratos calizos, es un tipo de pasto denso en el que se produce innivación a lo largo del año. En él podemos encontrar tanto hemicriptófitos como algunos caméfitos que dotan al *Primulion* de un césped con gran densidad y bajo (en torno a 5-10 cm) en los que predomina las dicotiledóneas. Este tipo de pasto presenta abundancia de gramíneas, *Festuca nigrescens*. Este tipo de gramínea lo hace diferente al resto, también cuenta con especies más frecuentes como son *Trifolium thalii*, *Polygonum viviparum*, *Thalictrum alpinum*, *Primula elatior subsp. Intricata* (Benito 2010), normalmente suelen observarse

algunas especies de *Juncetea trifidi*, esto se debe porque el suelo se ve acidificado por la gran cantidad de nieve que tiene en su superficie, en casos más extremos de este proceso puede desencadenar que este pasto evolucione a un *Nardion*, más concretamente el *Trifolio-Nardetum* (Benito, 2010). Este tipo de pasto es utilizado por el ganado ovino. La época para su mejor aprovechamiento es a finales de julio hasta septiembre debido a que su evolución fenológica es más tardía, tiene un valor forrajero bueno.

Prados

Códigos Atlas de los Hábitat Naturales y Seminaturales de España: 6510/551010: **Praderas mesofíticas/Prados de siega atlántico-centroeuropeos/Prados mesófilos de siega.**

Alianza *Arrhenatherion* Koch 1926

Subasociación *Rhynantho mediterranei Trisetetum flavescens*

Los prados están localizados en casi toda la Europa templada. En la península están situados en las zonas más al norte y, en el caso de los Pirineos, se extiende de Este a Oeste, siendo más frecuentes en el valle de Benasque que en la zona occidental (Ansó). Su hábitat son los valles de fondo plano y laderas que cuentan con ricos y profundos suelos. Están distribuidos a una altitud de entre 900 y 1600 (1800), pueden aparecer en todas las orientaciones en zonas que cuentan con una pendiente no muy elevada (< 10%). Se trata de sistemas seminaturales, debido a que se rigen por algún tipo utilización del hombre (Chocarro, 1992). m. Son comunidades de herbáceas en las que predomina las gramíneas y las dicotiledoneas, aunque las primeras cuentan con mayor número como pueden ser *Arrhenatherum elatius*, *Trisetum flavescens*, *Phelum pratense subsp. Berolonii*, *Trifolium repens subsp. Repens*, *T. pratense subsp. Pratense*, *Onobrychis viciifolia* (Benito, 2010). Tienen una cobertura vegetal muy elevada superior al 90% y un interés ecológico y paisajístico muy elevado. Los prados tienen gran importancia para la ganadería en las áreas montañosas. Actualmente, el número de pastos está disminuyendo debido al abandono de las actividades tradicionales y a los cambios en el modelo de producción.

	Altura (m)	Pendiente	Orientación	Tipos de suelo	Composición florística	Valor forrajero
Euphrasio	1200-1700	Escasa	Todas las orientaciones	Profundos y que preserven la humedad	<i>Plantago media</i> , <i>Galium verum</i> , <i>Tritolium montanum</i> , <i>T. pratense</i> , <i>Lotus corniculatus</i> o <i>Agrostis capillaris</i>	Alto
Mesobromenion	1200-1700	Escasa	Todas las orientaciones	Profundos sobre calizas	<i>Festuca paniculata</i> <i>Alchemillo-Festucetum</i>	Alto
Festucion eskiae	1400-2800	10-25°	Sur/Suroeste	Suelos profundos, estables y algunas veces sobre calizas acidificadas	<i>Festuca eskia</i> , <i>Carex sempervirens</i> subespecie <i>pseudotristis</i> y <i>Luzula nutans</i>	Bajo
Festucion scopariae	1600-2500	15-40°	Todas las orientaciones	Laderas pedregosas con sustrato calizo o crestas con crioturbación intensa	<i>Oxytropis neglecta</i> , <i>Thymelaea tinctoria</i> subsp <i>nialis</i> , <i>Koeleria vallesiana</i> , <i>Seseli montanum</i> subsp <i>nanum</i> , <i>Androsace villosa</i>	Escaso
Nardion	1740-2300	10-25°	Todas las orientaciones	Ácidos, profundos, compactados y poco permeables, de textura fina	<i>Nardus stricta</i> <i>Plantago alpina</i> , <i>Trifolium alpinum</i> , <i>Cerastium arvense</i> o <i>Gentiana acaulis</i>	Escaso
Primulion	1800-2300	10-25°	Zonas bajas Norte >2000 m cualquier orientación	Pedregosos y poco profundos, acidificados que guardan la humedad	<i>Festuca nigrescens</i> <i>Trifolium thali</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Thalictrum alpinum</i> , <i>Primula elatior</i> subsp, <i>Intricata</i>	Alto
Prados	900-1600	<10°	Todas las orientaciones	Valles de fondo plano y laderas con profundos suelos	<i>Arrhenatherum elatius</i> , <i>Trisetum flavescens</i> , <i>Phelium pratense</i> subsp. <i>Berolonii</i> , <i>Trifolium repens</i> subsp. <i>Repens</i> , <i>T. pratense</i> subsp. <i>Pratense</i> , <i>Onobrychis viciifolia</i>	Alto

Tabla 1. Características topo-morfológicas de los tipos de hábitat

4.1.3 Información procedente de imágenes de satélite

Para obtener los indicadores que se necesitaban para el posterior tratamiento de los datos y la obtención de los resultados se necesitaron imágenes satélite de distintos periodos del año, para así captar todo el ciclo fenológico de las especies. Con *Sentinel hub playground* se procedió a seleccionar imágenes en las que no hubiese nubes, se escogieron tres imágenes por cada zona de estudio correspondientes a los meses (julio, mayo y septiembre). Posteriormente, se descargaron las imágenes de satélite en la página de la Agencia Espacial Europea (ESA), utilizando el satélite *Sentinel 2* que entra dentro del programa COPERNICUS. Este satélite cuenta con un sensor multispectral que nos proporciona los datos en 13 bandas. Dentro del satélite Sentinel 2, las imágenes se descargaron con Level-2A que se refiere a las imágenes que ya han sido procesadas y

tienen una mayor corrección atmosférica. Las fechas de las descargas de las imágenes son las siguientes:

Jaca	Aínsa
31/05/2019	31/05/2019
25/07/2019	25/07/2019
28/09/2019	23/09/2018

Tabla 2. Fechas respectivas a la descarga de imágenes satélite.

4.2 Metodología

4.2.1 Tratamiento de las imágenes

El tratamiento de las imágenes se realizó mediante la aplicación *Snap* que se refiere a *Sentinel Application Platform*. Se trata de un software libre que proviene de la Agencia Espacial Europea. Con esta aplicación se puede elaborar el análisis de imágenes satélite, aéreas y radar ayudados de composiciones de bandas o de índices como la vegetación, humedad, radiación... Esta aplicación contiene gran variedad de herramientas denominadas *Sentinel toolboxes*, que nos permiten trabajar con todos los satélites Sentinel desde el 1 hasta el 3. Snap también permite trabajar con imágenes multiespectrales que provengan de misiones como por ejemplo (*Landsat*, *Spot*, *Envisat*, *MODIS*). La información obtenida se puede exportar a los SIG (Sistema de información geográfica) en este caso se utilizó ArcGIS.

Tras descargar las imágenes de satélite se procedió a cargar las bandas RGB en el programa *Snap* para la obtención de los índices biofísicos. Con el fin de que el proceso fuese lo más rápido posible y con ayuda de ortofotos en ArcGIS, se recortó la zona de estudio en la imagen satélite. Posteriormente, se utilizó la herramienta *resampling* que permite extraer datos repetidos de los datos originales. Ya finalizados todos los procesos anteriores, se procedió a calcular los índices biofísicos que se necesitaban, en este caso eran (LAI, FCOVER, CAB CW). Obtenidos los índices, se exportaron a ArcGIS con la herramienta *Zonal statics as table*. Esto permitió cargar los datos de los índices en ArcGIS y que cada dato se correspondiese con un polígono de nuestra área de estudio.

Posteriormente, se hizo un *join* con la columna FID, con este proceso se consiguió que todos los datos estuviesen juntos para más adelante cargarlos en el programa *Excel*.

4.2.2 Variables topo-morfológicas

Para calcular las variables topo-morfológicas de los tipos de hábitat se hicieron unos códigos respectivos a estas variables: altura, pendiente, orientaciones y valor forrajero; para después realizar nuevas columnas en la tabla de Excel, estos códigos se elaboraron con ayuda de la **tabla 1**.

El primer código que se elaboró fue el de la altura respecto al tipo de hábitat. Se diferenciaron 6 grupos de altura: el uno corresponde al de menor altura y el seis al de máxima. Un tipo de hábitat se puede localizar en distintos tipos de altura, por lo tanto, si un tipo de hábitat se localizaba en dos o tres grupos, se puso primero el grupo de menor altura seguido del que presentaba la mayor.

Clasificación en grupos	Altura en metros
1	0-500
2	500-1000
3	1000-1500
4	1500-2000
5	2000-2500
6	2500-3000

Tabla 3. Clasificación en grupos según la variable topo-morfológica (altura)

El segundo código que se elaboró fue el de la pendiente respecto a los tipos de hábitat. Este código se dividió en 4, a la pendiente inferior le correspondió el 1 y a la mayor, el 4. Como en el caso anterior, si un tipo de hábitat se podía localizar en distintos tipos de pendiente, primero se pondría el grupo que consta de menor pendiente seguido del mayor.

En el tercer código, la orientación, se crearon cinco grupos que informan de la orientación en la que se localizan los tipos de hábitat. Si un hábitat se puede encontrar en varias orientaciones se le ha asignado un código compuesto. Si un hábitat se puede localizar en todas las orientaciones le corresponde el código 5.

Clasificación en grupos	Pendiente en grados
1	0-10°
2	11-20°
3	21-30°
4	31-40°

Tabla 4. Clasificación en grupos según la variable topo-morfológica (pendiente)

Clasificación en grupos	Orientaciones
1	Norte
2	Sur
3	Oeste
4	Este
5	Todas las orientaciones

Tabla 5. Clasificación en grupos según la variable topo-morfológica (orientación)

El último código, que se obtuvo de las variables topo-morfológicas, corresponde al valor forrajero de los tipos de hábitat. En él se diferenciaron cuatro grupos: el 1 para el valor forrajero más escaso y el 4 para valor forrajero alto.

Clasificación en grupos	Valor forrajero
1	Escaso
2	Bajo
3	Medio
4	Alto

Tabla 6. Clasificación en grupos según la variable topo-morfológica (valor forrajero)

4.2.3 Tratamiento estadístico

Una vez obtenida una capa con la información de los tipos de hábitat y los índices biofísicos se exportó a Excel para su tratamiento. Posteriormente, se unieron las nuevas columnas con los códigos para empezar con el tratamiento de datos.

En primer lugar, con el objetivo de lograr una información más general se realizó un análisis de dispersión y centralidad, con este proceso se obtuvieron gráficas de cajas

y bigotes. Estas gráficas aportan un primer punto de vista de los valores de centralidad (mediana y media) y dispersión (máximos, mínimos, valores atípicos y cuartiles).

En segundo lugar, se procedió a realizar el Análisis de la Varianza (ANOVA) de los índices teniendo en cuenta el tipo de hábitat. La función del ANOVA es comparar las varianzas y las medias de las variables para así poder llegar a la conclusión de si la especie forma parte de grupos más grandes o, al contrario, son de una población diferente. Después se procedió a hacer las interacciones entre las variables bio-físicas y los tipos de hábitat, no sin antes haber realizado el *test de Levene* para comprobar la homogeneidad de las varianzas. Una vez obtenidos todos los datos, se inició su comprensión y análisis.

5. Resultados y análisis

En este apartado se va a realizar un análisis de los datos obtenidos mediante los distintos programas informáticos de carácter estadístico utilizados. En cada subapartado se hará una breve descripción de cada una de las variables biofísicas y, en relación con la hipótesis de trabajo principal de este proyecto, se identificará si existen diferencias significativas entre los distintos hábitats pascícolas.

5.1 Distribución de las propiedades biofísicas por hábitat

5.1.1 Distribución de los valores de LAI

La **figura 9** refleja la distribución de los promedios del LAI según el tipo de pasto, considerando todas las fechas. Por lo tanto, los valores minimizan la variabilidad fenológica estacional y las diferentes facies de cada tipo de pasto.

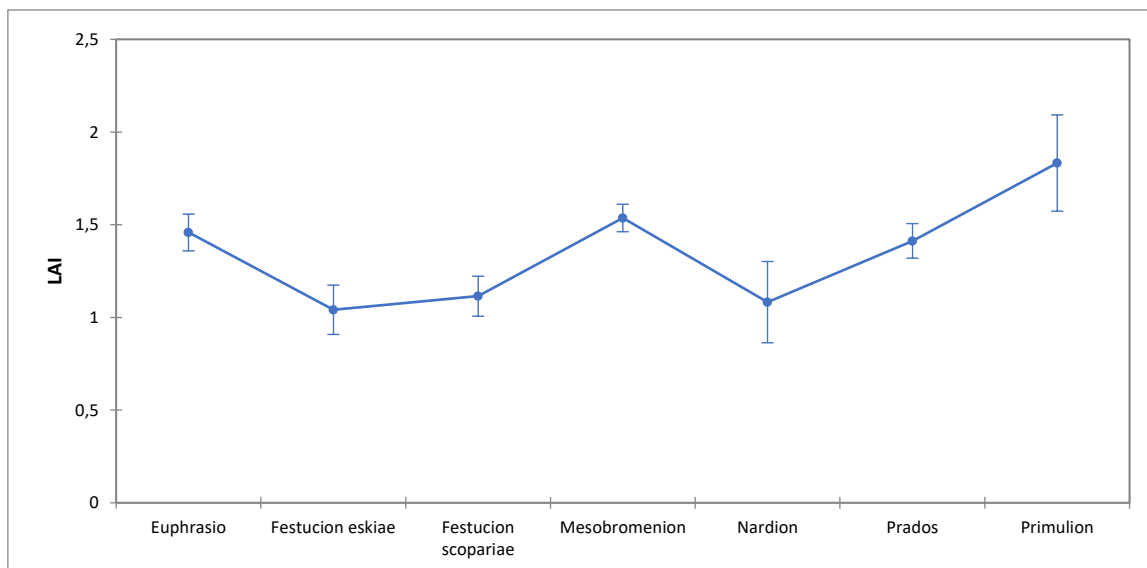


Figura 9. Distribución de los valores promedio de LAI e intervalos de confianza al 95% por tipos de hábitat. Elaboración propia

El hábitat con mayor índice de área foliar es el *Primulion* con un valor de (1,83). Mientras que los valores promedio más bajos aparecen en el *Festucion eskiae* (1,04), seguido del *Nardion* (1,08) y del *Festucion scopariae* (1,11). La segunda especie con mayor LAI es el *Mesobromenion* (1,53) seguido del *Euphrasio* (1,45) y de la categoría *Prados* (1,41). En el análisis de la varianza (**tabla 7**) el valor F está muy alejado de 1 y el *p-value* es claramente inferior a 0,05, por lo tanto, existen diferencias significativas entre algunos hábitats en relación con los valores de LAI.

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	6	4,273	0,712	16,600	< 0.0001
Error	575	24,670	0,043		
Corrected Total	581	28,943			

Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Tabla 7. Resultados del análisis ANOVA. Valores promedio de LAI por tipos de hábitat.

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
Festucion eskiae vs Primulion	-0,313	-5,213	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Mesobromenion	-0,219	-6,967	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Euphrasio	-0,184	-5,379	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Prados	-0,165	-4,922	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Festucion scopariae	-0,032	-0,915	3,052	0,360	No
Festucion eskiae vs Nardion	-0,016	-0,310	3,052	0,757	No
Nardion vs Primulion	-0,297	-4,240	3,052	< 0.0001	Yes
Nardion vs Mesobromenion	-0,203	-4,243	3,052	< 0.0001	Yes
Nardion vs Euphrasio	-0,168	-3,382	3,052	0,001	Yes
Nardion vs Prados	-0,148	-3,021	3,052	0,003	No
Nardion vs Festucion scopariae	-0,016	-0,316	3,052	0,752	No
Festucion scopariae vs Primulion	-0,281	-4,853	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae vs Mesobromenion	-0,187	-6,917	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae vs Euphrasio	-0,152	-5,027	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae vs Prados	-0,132	-4,514	3,052	< 0.0001	Yes
Prados vs Primulion	-0,149	-2,617	3,052	0,009	No
Prados vs Mesobromenion	-0,054	-2,211	3,052	0,027	No
Prados vs Euphrasio	-0,020	-0,698	3,052	0,486	No
Euphrasio vs Primulion	-0,129	-2,253	3,052	0,025	No
Euphrasio vs Mesobromenion	-0,035	-1,353	3,052	0,177	No
Mesobromenion vs Primulion	-0,094	-1,697	3,052	0,090	No

Tabla 8. Comparación por pares mediante el test de *Bonferroni* de los valores de LAI por tipos de hábitat.

El análisis de las diferencias por pares de hábitats queda recogido en la **tabla 8** en la que se muestran los resultados del test de *Bonferroni* con un nivel de confianza del 95%. Se contrasta por pares cada hábitat con todos las demás para identificar qué diferencias entre hábitat son estadísticamente significativas.

Los hábitats que presentan mayores disimilitudes con las demás son *Festucion eskiae*, *Nardion* y *Festucion scopariae*. Aunque entre ellos no existen diferencias significativas. En el *Festucion Eskiae* la disimilitud más significativa es con el *Mesobromenion*, seguida del *Euphrasio*. En el caso del *Nardion* se puede llegar a la conclusión de que la diferencia más significativa es con el *Mesobromenion* y, en segundo lugar, con el *Primulion*. En el caso del *Festucion scopariae*, la disparidad más significativa es con el *Mesobromenion*. Por lo tanto, se pueden identificar dos grupos en función de los valores promedios y del grado de diferenciación entre hábitat: (1) por un lado estaría *Primulion*, *Mesobromenion* y *Euphrasio*, con valores altos y gran similitud estadísticas entre sí; (2) por otro lado, *Nardion* y *Festucion (scopariae y eskiae)*, con los valores más bajos. Finalmente, los *prados* representarían una categoría más heterogénea, con valores intermedios de LAI y con diferencias significativas sólo con algunos de los hábitats identificados en los grupos mencionados más arriba.

5.1.2 Distribución de los valores de CW

La **figura 10** representa los tipos de hábitat y el valor de CW (contenido de agua en el dosel). Se observa el contenido medio de agua que tiene cada uno de los tipos de hábitats, considerando todas las fechas.

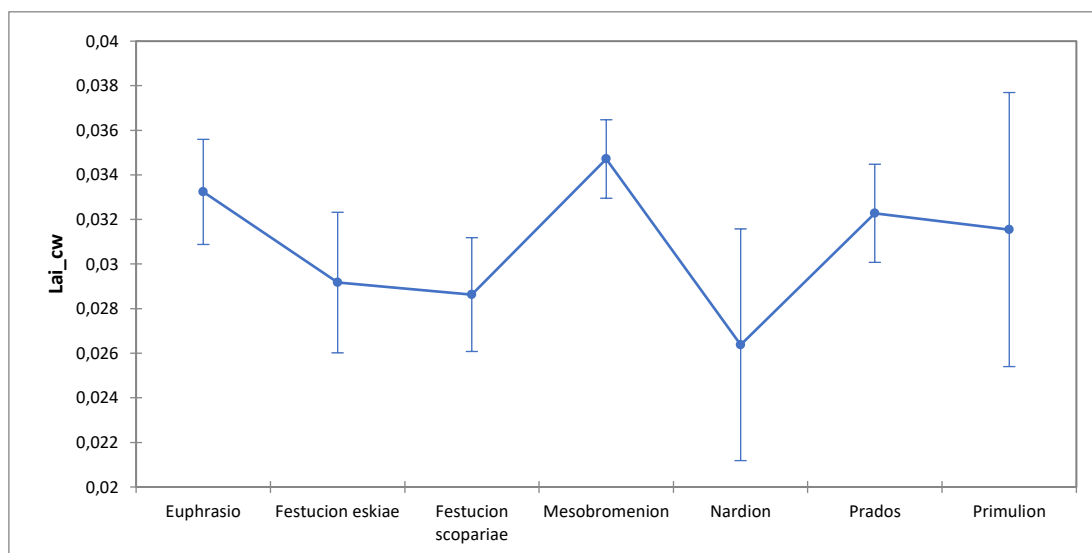


Figura 10. Distribución de los valores promedio de CW e intervalos de confianza al 95% por tipos de hábitat.

El mayor CW corresponde al *Mesobromenion* (0,035), seguido de *Euphrasio* (0,033), *Prados* y *Primulion* ambos con (0,032), *Festucion eskiae* y *Festucion scopariae* con CW (0,029). El nivel inferior de CW lo presenta el *Nardion* (0,026). En el análisis de la varianza **tabla 9**, la F es superior a 1 y el *p-value* es inferior a 0,05, por lo tanto, se podría decir que existen diferencias significativas entre algunos tipos de hábitat en relación con los valores de CW.

Analysis of variance (Variable Lai_cw_MEAN):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	6	0,004	0,001	4,099	0,000
Error	575	0,084	0,000		
Corrected Total	581	0,088			

Computed against model Y=Mean(Y)

Tabla 9. Resultados del análisis ANOVA. Valores promedio de CW por tipos de hábitat.

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
Nardion vs Mesobromenion	-0,008	-2,984	3,052	0,003	No
Nardion vs Euphrasio	-0,007	-2,361	3,052	0,019	No
Nardion vs Prados	-0,006	-2,053	3,052	0,040	No
Nardion vs Primulion	-0,005	-1,261	3,052	0,208	No
Nardion vs Festucion eskiae	-0,003	-0,902	3,052	0,368	No
Nardion vs Festucion scopariae	-0,002	-0,764	3,052	0,445	No
Festucion scopariae vs Mesobromenion	-0,006	-3,853	3,052	0,000	Yes
Festucion scopariae vs Euphrasio	-0,005	-2,604	3,052	0,009	No
Festucion scopariae vs Prados	-0,004	-2,125	3,052	0,034	No
Festucion scopariae vs Primulion	-0,003	-0,861	3,052	0,390	No
Festucion scopariae vs Festucion eskiae	-0,001	-0,261	3,052	0,794	No
Festucion eskiae vs Mesobromenion	-0,006	-3,015	3,052	0,003	No
Festucion eskiae vs Euphrasio	-0,004	-2,029	3,052	0,043	No
Festucion eskiae vs Prados	-0,003	-1,588	3,052	0,113	No
Festucion eskiae vs Primulion	-0,002	-0,676	3,052	0,499	No
Primulion vs Mesobromenion	-0,003	-0,972	3,052	0,331	No
Primulion vs Euphrasio	-0,002	-0,504	3,052	0,615	No
Primulion vs Prados	-0,001	-0,220	3,052	0,826	No
Prados vs Mesobromenion	-0,002	-1,697	3,052	0,090	No
Prados vs Euphrasio	-0,001	-0,584	3,052	0,559	No
Euphrasio vs Mesobromenion	-0,001	-0,986	3,052	0,325	No
Modified significance level:			0,002		

Tabla 10. Comparación por pares mediante el test de *Bonferroni* de los valores de CW por tipos de hábitat.

La **tabla 10** muestra en el test de *Bonferroni* la comparación por pares con un intervalo de confianza del 95%. Permite contrastar y cuantificar las diferencias entre los hábitats. Solo existe una diferencia entre el *Festucion scopariae* y el *Mesobromenion*, como sucedía en el LAI. Los demás tipos de hábitat no presentan diferencias significativas entre ellos.

5.1.3 Distribución de los valores de CAB

La **figura 11** refleja la distribución del CAB (el contenido de clorofila en la superficie para cada hábitat). Esta variable permite conocer la capacidad fotosintética de cada hábitat porque cuanto mayor sea el contenido de clorofila, mayor es la fotosíntesis.

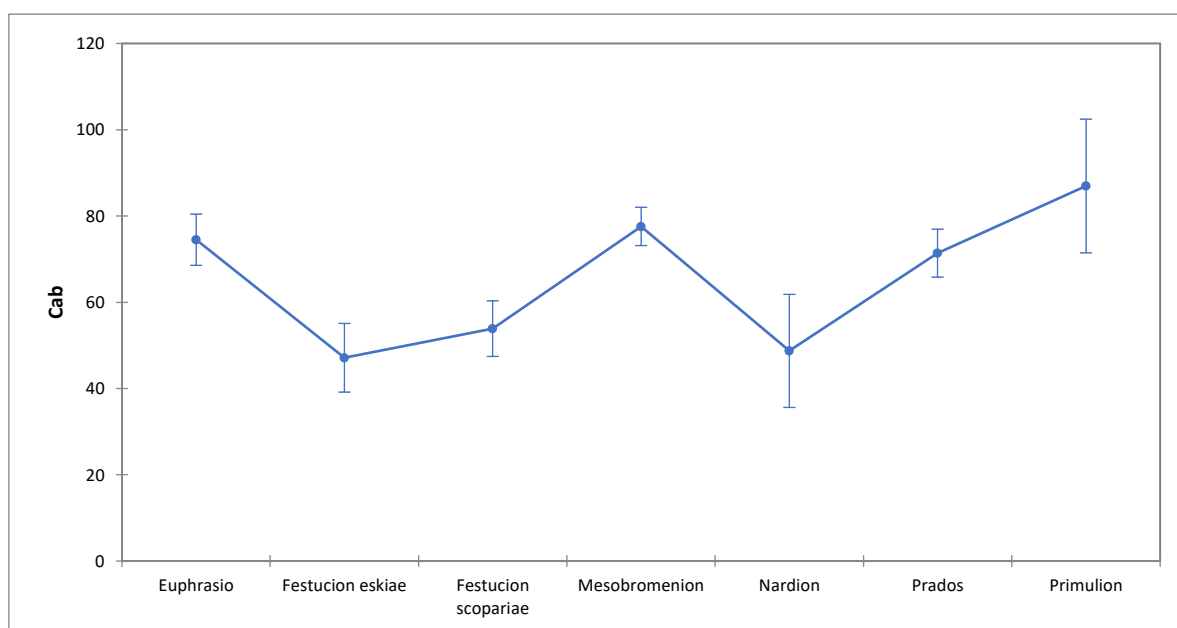


Figura 11. Distribución de los valores promedio de CAB e intervalos de confianza al 95% por tipos de hábitat.

El mayor contenido de clorofila se encuentra en el *Primulion* (86,95), seguido por el *Mesobromenion* (77,58) y el *Euphrasio* (74,50); en cuarto lugar, los *Prados* (71,40). Los valores más bajos los presentan el *Festucion scopariae* (53,87), *Nardion* (48,72) y el *Festucion eskiae* (47,14).

La distribución del CAB es idéntica a la distribución del LAI que refleja la figura#. Los hábitats con mayor nivel de LAI son los que mayor contenido de clorofila tienen y, al contrario, los valores con menor LAI son los que poseen un contenido menor. Son indicadores que se relacionan positivamente entre sí. Tras el análisis de la varianza **tabla 11**, la F es 13,839 por lo tanto, muy superior a 1; mientras que el *p-values* es muy inferior a 0,05, por lo tanto, existen diferencias significativas entre el tipo de hábitat y los valores del CAB.

Analysis of variance (Variable Cab_MEAN):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	6	77693,741	12948,957	13,839	< 0.0001
Error	575	538003,764	935,659		
Corrected Total	581	615697,505			

Computed against model Y=Mean(Y)

Tabla 11. Resultados del análisis ANOVA. Valores promedio de CAB por tipos de hábitat.

Tipos / Bonferroni / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
Festucion eskiae vs Primulion	-39,815	-4,485	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Mesobromenion	-30,442	-6,561	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Euphrasio	-27,366	-5,410	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Prados	-24,261	-4,910	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Festucion scopariae	-6,736	-1,292	3,052	0,197	No
Festucion eskiae vs Nardion	-1,580	-0,202	3,052	0,840	No
Nardion vs Primulion	-38,234	-3,697	3,052	0,000	Yes
Nardion vs Mesobromenion	-28,861	-4,095	3,052	< 0.0001	Yes
Nardion vs Euphrasio	-25,785	-3,518	3,052	0,000	Yes
Nardion vs Prados	-22,680	-3,129	3,052	0,002	Yes
Nardion vs Festucion scopariae	-5,155	-0,693	3,052	0,488	No
Festucion scopariae vs Primulion	-33,079	-3,868	3,052	0,000	Yes
Festucion scopariae vs Mesobromenion	-23,706	-5,951	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae vs Euphrasio	-20,630	-4,621	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae vs Prados	-17,525	-4,047	3,052	< 0.0001	Yes
Prados vs Primulion	-15,554	-1,854	3,052	0,064	No
Prados vs Mesobromenion	-6,181	-1,707	3,052	0,088	No
Prados vs Euphrasio	-3,105	-0,749	3,052	0,454	No
Euphrasio vs Primulion	-12,449	-1,472	3,052	0,142	No
Euphrasio vs Mesobromenion	-3,076	-0,814	3,052	0,416	No
Mesobromenion vs Primulion	-9,373	-1,141	3,052	0,254	No

Modified significance level:

0,002

Figura 12. Comparación por pares mediante el test de Bonferroni de los valores de CAB por tipos de hábitat.

El test de *Bonferroni* muestra la comparación por pares con un intervalo de confianza del 95%. Los hábitats con mayores diferencias son: el *Festucion eskiae*,

Nardion y el *Festucion scopariae*; como se apreciaba anteriormente en la **tabla 8**. Mientras que entre estos tres tipos de hábitats no existen desigualdades relevantes.

La discrepancia más significativa que presentan estos tres tipos de hábitats es con el *Mesobromenion*, como ya pasaba con los valores del LAI. El *Nardion* muestra una disimilitud con los *Prados*, este tipo de hábitat era el único en los valores del LAI que no tenía diferencias significativas con aquel. Sin embargo, si se tienen en cuenta los valores del CAB, sí que observa una diferencia significativa.

Luego, se aprecian dos grupos en función de los valores promedios y del grado de diferenciación entre hábitat: (1) por un lado, *Primulion*, *Mesobromenion* y *Euphrasio*, con grandes similitudes y los valores más altos; (2) por otro lado, *Nardion* y *Festucion (scopariae y eskiae)*, con valores bajos.

5.1.4 Distribución de los valores de FCOVER

La siguiente gráfica **figura 13** refleja la distribución de la variable biofísica FCOVER respecto al tipo de hábitat. El FCOVER permite conocer la cantidad de superficie que está ocupada por la vegetación.

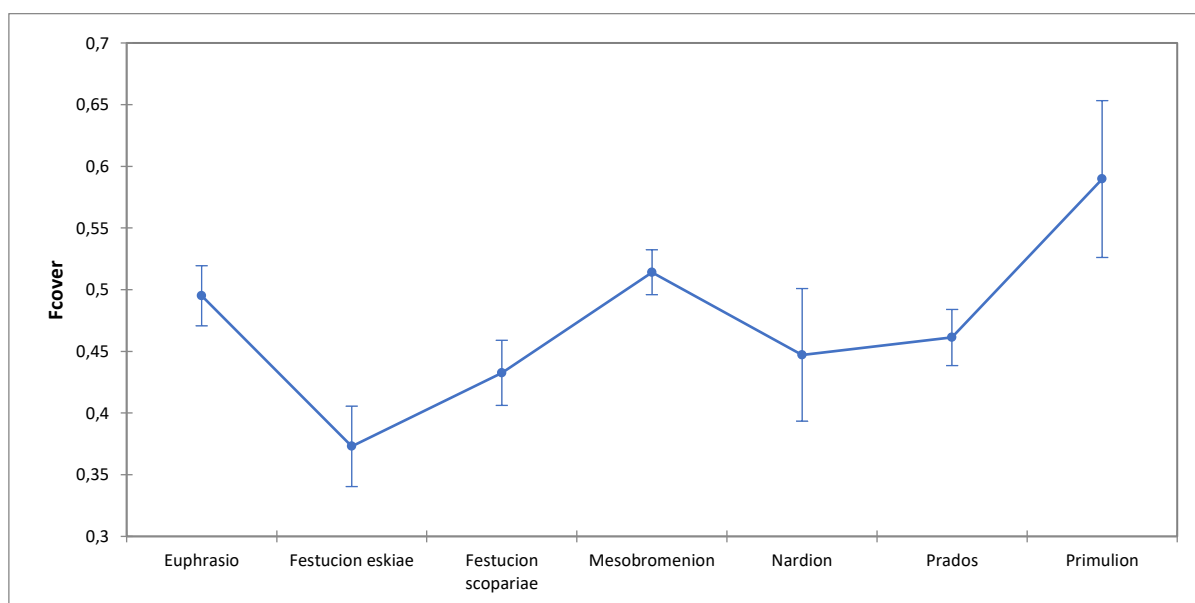


Figura 13. Distribución de los valores promedio de FCOVER e intervalos de confianza al 95% por tipos de hábitat.

El valor más alto del FCOVER aparece en el *Primulion* (0,59); en segunda y tercera posición, se localizan el *Mesobromenion* (0,51) y el *Euphrasio* (0,49). Estos tres tipos de hábitats son los que presentaban valores más altos de LAI y CAB en las anteriores

gráficas. En cuarta posición, se encuentran los *Prados* (0,46). Los valores inferiores del FCOVER aparecen en los hábitats que no mostraban diferencias significativas entre ellos, como ya se ha destacado anteriormente: el *Nardion* (0,44), *Festucion scopariae* (0,43) y el *Festucion eskiae* (0,37).

Si se analiza la varianza de la **tabla 13** se advierte que la F está muy alejada de 1, y el *p-value* es muy inferior a 0,05; por lo tanto, existe una diferencia significativa entre el tipo de hábitat y los valores del FCOVER.

Analysis of variance (Variable Fcover_MEAN):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	6	1,306	0,218	13,848	< 0.0001
Error	575	9,035	0,016		
Corrected Total	581	10,340			

Computed against model Y=Mean(Y)

Tabla 13. Resultados del análisis ANOVA. Valores promedio de FCOVER por tipos de hábitat.

Tipos / Bonferroni / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
Festucion eskiae vs Primulion	-0,217	-5,957	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Mesobromenion	-0,141	-7,423	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Euphrasio	-0,122	-5,887	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Prados	-0,088	-4,357	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae vs Nardion	-0,074	-2,318	3,052	0,021	No
Festucion eskiae vs Festucion scopariae	-0,060	-2,790	3,052	0,005	No
Festucion scopariae vs Primulion	-0,157	-4,483	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae vs Mesobromenion	-0,082	-4,996	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae vs Euphrasio	-0,062	-3,413	3,052	0,001	Yes
Festucion scopariae vs Prados	-0,029	-1,613	3,052	0,107	No
Festucion scopariae vs Nardion	-0,015	-0,479	3,052	0,632	No
Nardion vs Primulion	-0,142	-3,363	3,052	0,001	Yes
Nardion vs Mesobromenion	-0,067	-2,318	3,052	0,021	No
Nardion vs Euphrasio	-0,048	-1,593	3,052	0,112	No
Nardion vs Prados	-0,014	-0,472	3,052	0,637	No
Prados vs Primulion	-0,128	-3,737	3,052	0,000	Yes
Prados vs Mesobromenion	-0,053	-3,567	3,052	0,000	Yes
Prados vs Euphrasio	-0,034	-1,992	3,052	0,047	No
Euphrasio vs Primulion	-0,095	-2,731	3,052	0,007	No
Euphrasio vs Mesobromenion	-0,019	-1,234	3,052	0,218	No
Mesobromenion vs Primulion	-0,076	-2,244	3,052	0,025	No
Modified significance level:			0,002		

Tabla 14. Comparación por pares mediante el test de *Bonferroni* de los valores de CAB por tipos de hábitat

La **tabla 14** muestra los resultados tras aplicar el test de *Bonferroni*. Se observa que el *Festucion eskiae* sigue teniendo disimilitudes con todos los tipos de hábitats, menos con el *Festucion scopariae* y el *Nardion*. Con los que presenta mayores diferencias son el *Mesobromenion*, seguido del *Primulion*.

En el caso del *Festucion scopariae* muestra disimilitudes relevantes con el *Primulion*, *Mesobromenion* y el *Euphrasio*. Es con el segundo con el que mayor es la disparidad. El *Nardion* muestra tan solo una disimilitud con el *Primulion*. En el caso de

los *Prados* tienen diferencias importantes con el *Primulion* y *Mesobromenion*, aunque es con el primero con el que son más evidentes.

5.2 Análisis de las interacciones de los tipos de hábitat y las variables topo-morfológicas

En este apartado se analizarán las variables topo-morfológicas de cada una de las especies de pastos para obtener mayor información de estos y verificar si las variables topo-morfológicas influyen en las variables biofísicas. El objetivo es identificar posibles interacciones entre estos dos factores (hábitat y variables morfo-topográficas) en relación con la distribución exclusivamente de los valores de LAI.

5.2.1 Altitud

Se han identificado diferencias significativas entre los intervalos hipsométricos en relación con la distribución del LAI ($F = 16.6$; <0.0001). El valor más alto de LAI (1,21) aparece asociado a los situados entre 1000-2000 m. El segundo nivel en orden decreciente de LAI (1,16), lo encontramos en un rango hipsométrico más amplio (500-2000 m). El tercer nivel de LAI (1,06) se sitúa entre 1500-2500 m. Por último, entre 1000-3000 m, encontramos los niveles más bajos de LAI (1).

La **figura 14** (gráfica) muestra las interacciones (hábitat-intervalo hipsométrico) en relación con el LAI. En este sentido, como los diferentes hábitats se desarrollan sobre unos intervalos hipsométricos específicos, se reproduce el mismo esquema del análisis de las diferencias realizado exclusivamente por hábitats. Tan sólo en el caso de *Primulion* contra *Festucion scopariae* y *Nardion*, advertimos que, aunque se sitúan en el mismo intervalo hipsométrico, presentan nivel de LAI diferentes.

Tal y como se comentó en el apartado 5.1.1, el *Primulion* es el hábitat con un valor LAI más elevado (1,31) que básicamente se desarrolla en un amplio rango altimétrico (1500-2500 m). Sin embargo, *Festucion scopariae* y *Nardion*, que ocupan un gradiente hipsométrico similar a *Primulion*, muestran valores claramente inferiores. Por otro lado, *Mesobromenion* y *Euphasio*, que desarrollan en un amplio rango altitudinal, muestran valores muy similares entre sí.

En el segundo y tercer lugar, aparecen el *Mesobromenion* (1,22) y el *Euphrasio* (1,18); ambos situados entre 1000-2000 m, que es de las más bajas. En cuarto lugar, se

localizan los *Prados* con un valor de 1,16 a una altura de entre 500-2000m. En quinto y sexto lugar se ubican el *Festucion scopariae* 1,03 y el *Nardion* 1,02. Estas dos especies tienen el mismo rango altitudinal 1500-2500 m. La misma altura en la que aparece el *Primulion*, pero estas dos especies tienen un valor del LAI más bajo. El nivel del LAI menor (1) lo posee el *Festucion eskiae*. Esta especie se encuentra a una altitud de entre 1000-3000 m.

Luego, se puede concluir que la altitud puede condicionar el nivel de LAI, pero no excesivamente. Como ha quedado demostrado, el mayor nivel LAI lo encontramos en la altura entre 1500-2500 m, aunque también aparecen valores de LAI inferiores en esa misma altura. Los hábitats que se sitúan a una mayor altitud tienen un ligero aumento del LAI, mientras que los pastizales que se encuentran en altitudes más bajas tienen unos valores del LAI más bajos.

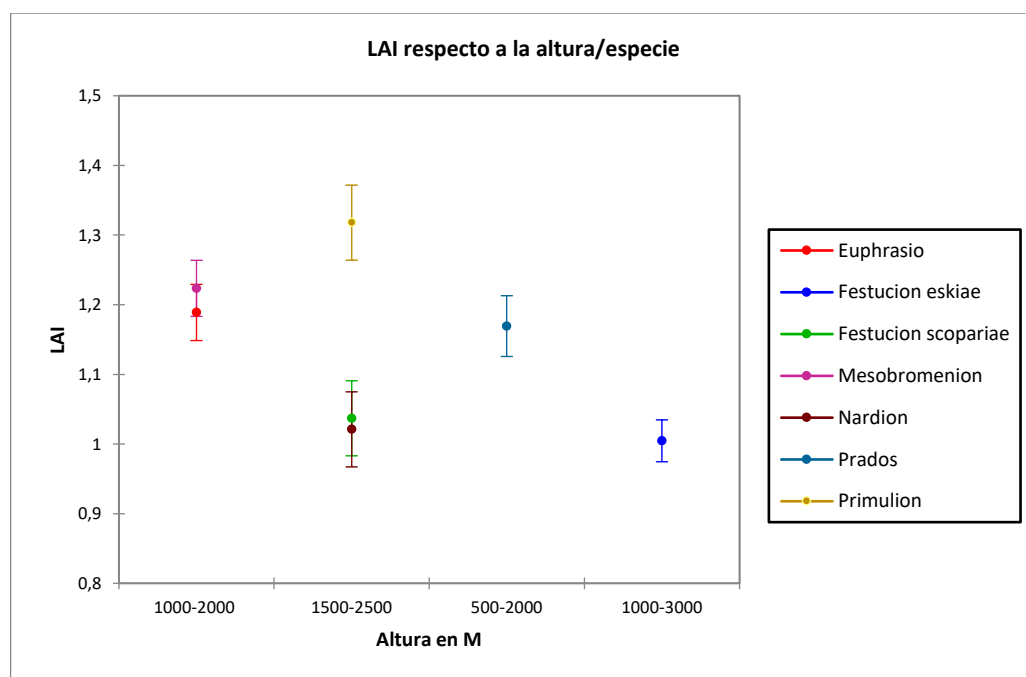


Figura 14. Valores del LAI en los tipos del hábitat teniendo en cuenta la variable biofísica altura.

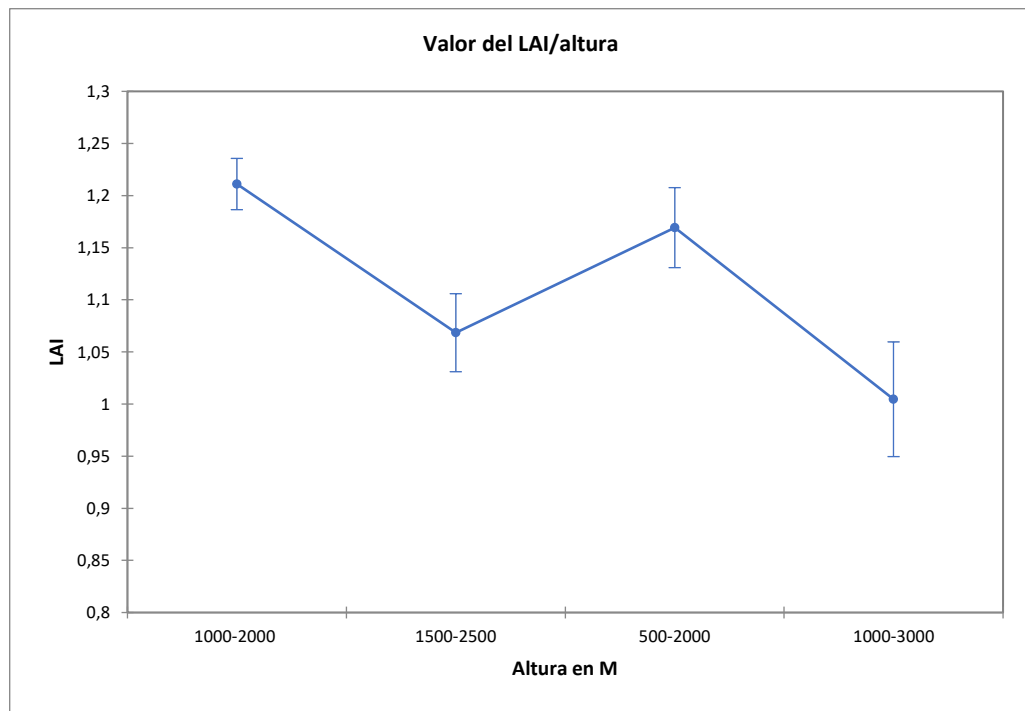


Figura 15. Distribución de los valores del LAI según la altura

5.2.2 Pendiente

Se han identificado diferencias significativas entre los intervalos de pendiente en relación con la distribución del LAI ($F = 16,6$; $<0,0001$). El valor de LAI más alto (1,19) se encuentra en las pendientes de entre $0-10^\circ$. El segundo nivel de LAI (1,05) se identifica con las pendientes de entre $0-30^\circ$. Por último, el valor más bajo (1,037) se localiza en las pendientes de entre $11-40^\circ$.

La **figura 16** (gráfica) muestra las interacciones (hábitat-intervalo pendiente) en relación con el LAI. Como sucedía anteriormente, se reproduce el esquema de las disimilitudes exclusivamente por hábitats. Sin embargo, en el caso de *Primulion* contra *Festucion eskiae* y *Nardion*, pese a estar en unos niveles de pendiente similares, se encuentran diferencias significativas en los valores de LAI entre ellos.

Como se aprecia en la **figura 16**, el *Primulion* tiene el nivel de LAI más alto (1,31) localizado entre la pendiente $0-30^\circ$, pese a estar en la misma variable de la pendiente, el *Festucion eskiae* (1) y el *Nardion* (1,02) muestran valores de LAI inferiores. Aunque entre estos dos tipos de hábitats sí que presentan similitudes en los valores de LAI.

En segundo y tercer lugar se encuentra el *Mesobromenion* (1,22) y el *Euphrasio* (1,18), como ya pasaba anteriormente. En el cuarto puesto, se localizan los *Prados* (1,16). Todos ellos corresponden a la pendiente de entre 0-10° y tienen valores muy similares entre ellos. Estos valores de pendiente se identifican con los valores más altos de LAI, si no se tienen en cuenta los hábitats. Por último, el *Festucion scopariae* (1,03) presenta valores muy similares a los del *Festucion eskiae* y el *Nardion*.

Por lo tanto, se podría concluir que la pendiente puede modificar el valor de LAI, que alcanza los niveles más altos en pendientes menos pronunciadas y desciende progresivamente a medida que la pendiente aumenta, con la excepción del *Primulion* que muestra unos niveles del LAI muy superiores a los demás hábitats.

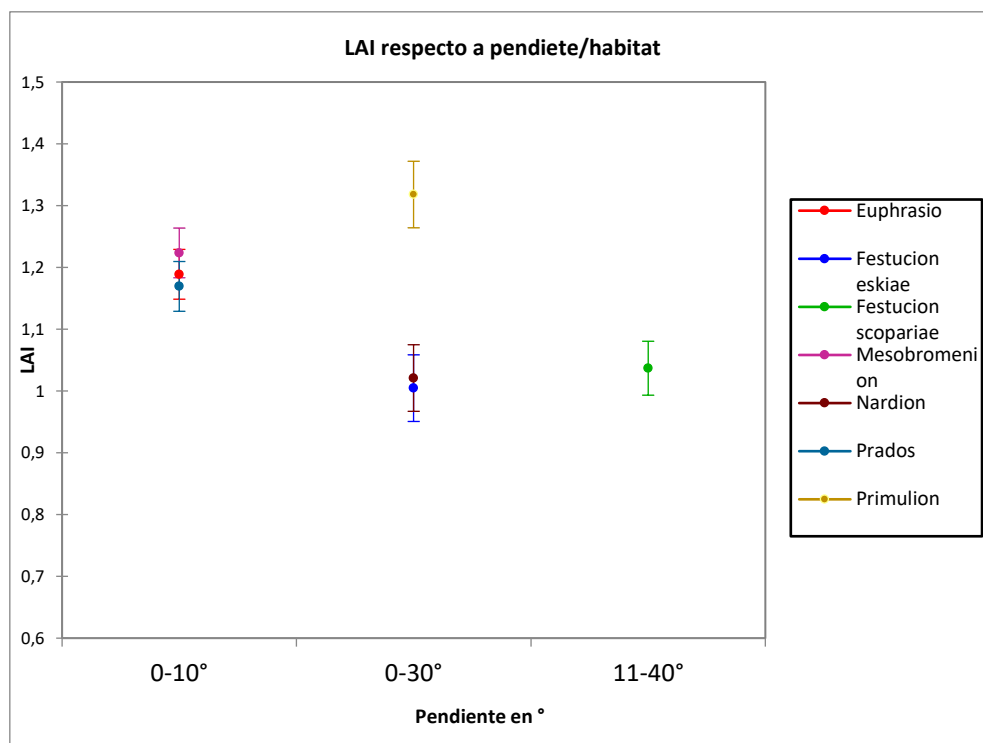


Figura 16. Valores del LAI en los tipos del hábitat teniendo en cuenta la variable biofísica pendiente.

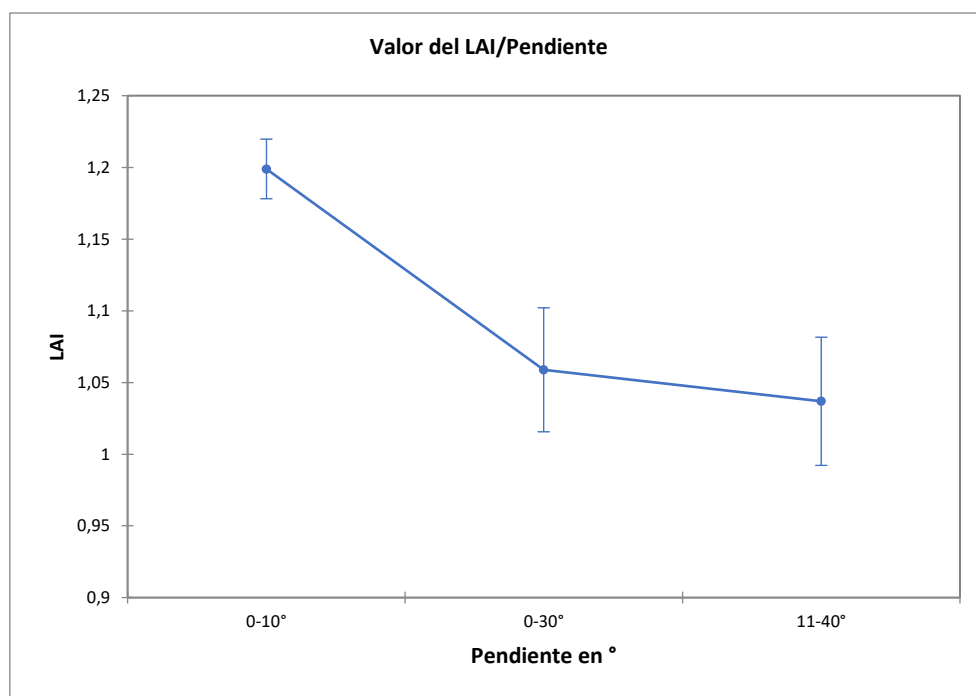


Figura 17. Distribución de los valores del LAI según la pendiente

5.2.3 Orientación

Se han identificado diferencias significativas entre los intervalos de pendiente en relación con la distribución del LAI ($F = 16.6$; <0.0001). El valor de LAI más alto (1,31) se identifica con la orientación norte y todas las orientaciones, el segundo valor de LAI superior (1,16) se corresponde con todas las orientaciones. El valor de LAI más bajo se encuentra en la orientación sur.

La **figura 18** muestra las interacciones (hábitat-intervalo orientación) en relación con el LAI. Como sucedía anteriormente se reproduce el esquema de las de las disimilitudes exclusivamente por hábitats. En el caso del *Mesobromenion*, *Euphrasio*, *Prados*, *Festucion scopariae* y *Nardion* pese a estar en la misma orientación cuentan con valores de LAI muy distintos.

Como se observa en la **figura 18** el *Primulion* cuenta con los niveles de LAI más alto (1,31), este tipo de hábitat se localiza en la orientación norte en las zonas bajas, y cuando se superan los 2000 m de altitud se puede encontrar en todas las orientaciones. En segundo y tercer lugar se idéntica el *Mesobromenion* (1,22) y el *Euphrasio* (1,18), en cuarto puesto se encuentran los *Prados* (1,16), y en quinto y sexto se localizan el *Festucion scopariae* (1,03) y el *Nardion* (1,02), todos estos hábitats se identifican en

todas las orientaciones, pese a esto tienen valores de LAI muy dispares entre ellos. Por último, se localiza el *Festucion eskiae* (1) este tipo de hábitat se puede encontrar en la orientación Sur.

Los valores de LAI teniendo en cuenta la orientación son idénticos a los de la pendiente. Por lo tanto, la orientación podría modificar el LAI de los hábitats. Se podría decir que la orientación con menor nivel de LAI es la Sur, mientras que encontramos los niveles de LAI más altos en todas las orientaciones, aunque en esta se identifican hábitats que tienen valores muy bajos.

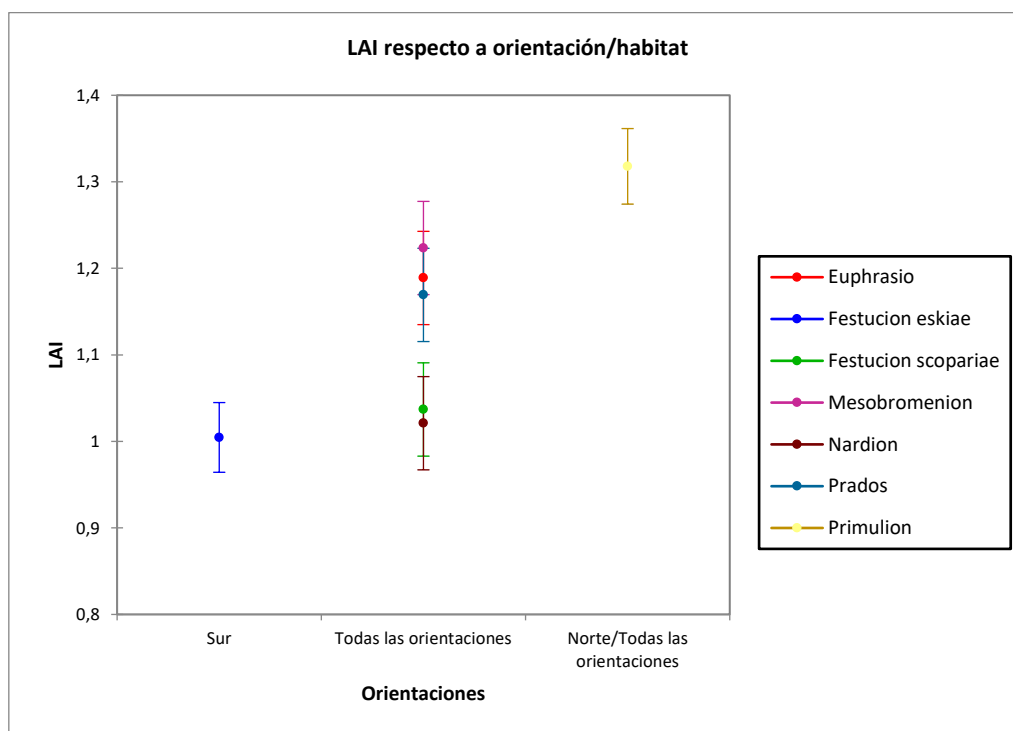


Figura 18. Valores del LAI en los tipos del hábitat teniendo en cuenta la variable biofísica orientación.

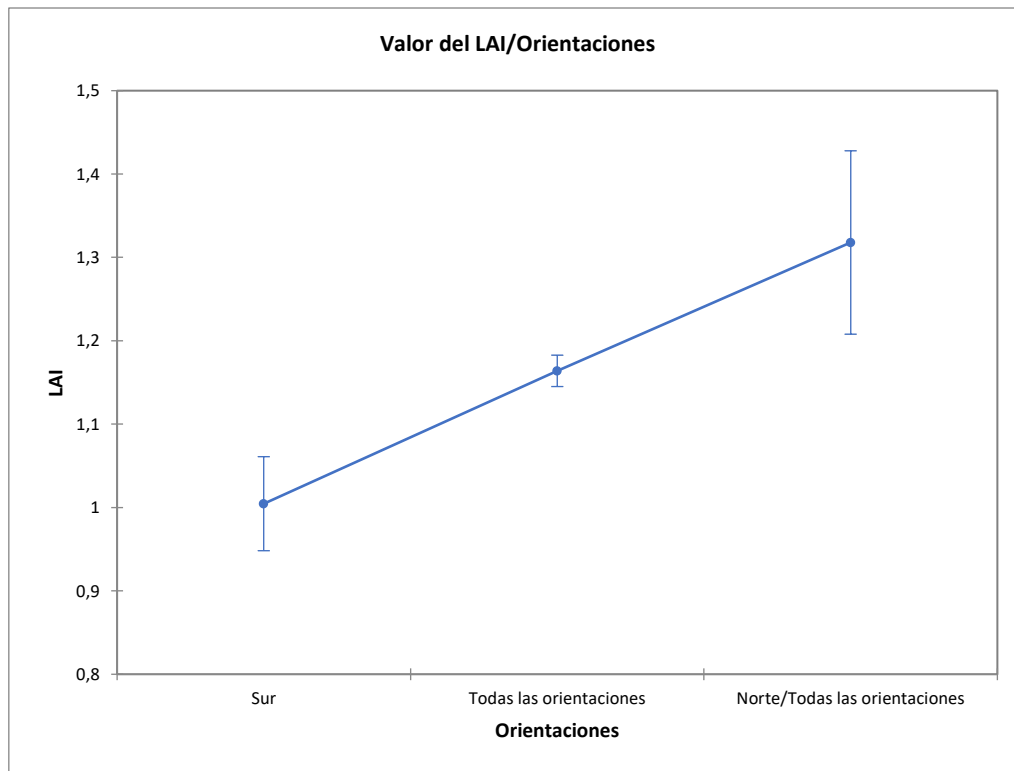


Figura 18. Distribución de los valores del LAI según la orientación

5.3 Análisis de los datos

Como se ha observado, las propiedades biofísicas (LAI, CW, CAB, FCOVER) reflejan que los hábitats *Primulion*, *Mesobromenion* y *Euphrasio* tienen los valores más elevados, en especial el primero. Si se atiende al test de *Bonferroni* se advierte que estos tres tipos de pastos no tienen diferencias significativas entre sí. Por otro lado, se encuentran el *Festucion eskiae*, *Festucion scopariae* y *Nardion* cuyas propiedades biofísicas presentan valores mas bajos. El test de *Bonferroni* revela que si bien no existen diferencias entre ellos, sí las hay, respecto a los tres primeros, exceptuando cuando el test se aplica al contenido de humedad en el dosel (CW).

Las variables topo-morfológicas sí que tienen efecto en la distribución de LAI. En el caso de la variable hipsométrica los hábitats que se localizan a una mayor altitud experimentan un ligero incremento de LAI mientras que al revés sucede lo contrario. Esta ligera modificación no es suficiente para que se altere el orden de LAI de la **figura 9**. El *Primulion* presenta el valor LAI más elevado, sin embargo, el rango altitudinal al que pertenece no es el que cuenta con mayores niveles de LAI.

En el caso de la pendiente existe una correlación donde las más suaves tienen un LAI más elevado, mientras que las pendientes más pronunciadas tienen un nivel menor, con excepción del *Primulion* que sigue teniendo valores muy altos. Además, estos valores son muy similares a los de la altura, por lo tanto, no tienen excesiva importancia para modificar el LAI.

Respecto a la orientación, se podría decir que los valores de LAI más altos los encontramos en los hábitats que se sitúan en todas las orientaciones, pero también se identifican pastizales que tienen unos valores inferiores. Los valores más bajos se encuentran en la orientación sur. Por lo tanto, se podría afirmar que la orientación no es un factor clave que pueda modificar excesivamente el LAI.

6. Conservación de los tipos de hábitat

La globalización económica está llevando el uso de los recursos naturales a niveles insostenibles. El medioambiente pasa a un segundo plano y esto ha producido graves problemas ambientales (Ochoa García, 2015). El actual incremento de los gases causantes del efecto invernadero (CO₂, metano y óxido nitroso) está provocando que la temperatura del planeta ascienda peligrosamente. Las consecuencias de ello son entre otras:

- Desertización: Las Naciones Unidas define desertización como *“la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultantes de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas”*.
- Hambrunas: Consecuencia de la desertización del suelo.
- Aumento de la temperatura: La temperatura media de la Tierra ha aumentado 1,1°C desde la etapa preindustrial y 0,2°C desde 2011-2015.
- Desplazamientos de población.
- Subida del nivel del mar.
- Guerras por el control de los recursos como alimentos o agua.

Los hábitats naturales no son ajenos a estos problemas y actualmente, están sufriendo una rápida degradación. Por ello, la Unión Europea se ha centrado en la conservación de los hábitats naturales. El 21 de mayo de 1992 la UE publicó la directiva

92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, referente a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestre. El principal objetivo de esta directiva fue la conservación, mejora y restauración de los hábitats, considerando la biodiversidad como un patrimonio común, pero que se debían proteger debido a su fragilidad. Los países de la UE estaban obligados a entregar un listado de lugares nacionales, posteriormente la comisión fija unos LIC (Lugares de Importancia Comunitario) con ayuda del país, y, por último, los estados contaban con un periodo de seis años para elegir las Zonas de Especial Conservación (ZEC). Estos ZEC con los ZEPA (Zonas de Especial Protección para las Aves) constituyen la Red Natura 2000.

En el ámbito nacional se promulgó la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, cuyo objetivo principal era el uso, conservación, mejora y restauración de la biodiversidad y patrimonio natural. Anteriormente, se había dictaminado el Real Decreto 1997/1995, de 7 diciembre, en el que se tomaban medidas para salvaguardar la biodiversidad con la protección de hábitats naturales y de la fauna y flora silvestre.

En la página del MITECO (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico) se pueden encontrar las fichas de los hábitats que dan las bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario. Se presentan nueve fichas de hábitats: 1. Tipos de hábitat costeros y halofíticos, 2. Dunas marítimas y continentales, 3. Tipos de hábitat de agua dulce, 4. Brezales y matorrales de la zona templada, 5. Matorrales esclerófilos halonitrófilos y estepas continentales halófilas y gipsófilas, 6. Formaciones herbosas naturales y seminaturales, 7. Turberas, turberas bajas y áreas pantanosas, 8. Tipos de hábitat rocosos y cuevas, 9. Bosques. Si se entra en estos tipos de hábitats más generales se muestra información más concreta de los hábitats que se pueden encontrar. Dentro de las fichas también se dan recomendaciones para su conservación.

Actualmente, ha surgido una oferta de empleo en Tragsatec, que pertenece al grupo Trasga, cuyo objetivo es proporcionar soluciones a las administraciones que lo deseen en términos medioambientales. La oferta de empleo se destina a quienes deseen trabajar en el proyecto: “Desarrollo de proyectos piloto para la validación e implantación del sistema de seguimiento a escala estatal del estado de conservación de los tipos de

hábitat". El equipo de trabajo deberá realizar el seguimiento de los hábitats y redactar informes con su posterior análisis, todo ello dentro de los parámetros de la Directiva de Hábitat (D92/43 CE) y de la ley 42/2007 que trata del Patrimonio Natural y Biodiversidad.

7. Conclusiones

Tras la finalización del proyecto se pueden extraer distintas conclusiones:

En primer lugar, la importancia que tienen los distintos hábitats que se recogen en la Directiva Hábitat, y lo prioritaria que es la conservación de estos, debido a que juegan un papel decisivo en el mantenimiento de la fauna y flora. En este proyecto se han seleccionado los pastizales seminaturales sin árboles ni plantas leñosas situados en el Pirineo. Estos han sufrido una degradación muy rápida en un periodo de tiempo muy corto, esto se debe a que ya no existe relevo generacional, lo que ha provocado la homogeneización del campo y que la probabilidad de incendios aumente. Por ello son muy importantes las diferentes medidas y proyectos que han surgido para su conservación.

Para su estudio, primero se ha tenido que hacer una caracterización biofísica y morfo-topográfica de los pastizales, y se ha llegado a la conclusión de que pese a estar localizados todos en un mismo grupo, existen diferencias entre ellos.

Propiedades biofísicas tales como el LAI, CWC, CAB, FCOVER son muy importantes para conocer el estado de los pastos, recopilar información para su posterior análisis y facilitar su conservación.

Si se tienen en cuenta las variables biofísicas se puede concluir que los pastizales seminaturales sin árboles y plantas leñosas se pueden categorizar en dos grupos. El primero lo integrarían el *Primulion* que como ya se ha visto tiene los valores más altos en todas las variables biofísicas, con la excepción del CW; la segunda comunidad que entraría en este grupo sería el *Mesobromenion* y por último, estaría el *Euphrasio*. Estos pastizales se identifican por tener los valores más altos de las variables biofísicas y también de las topo-morfológicas en relación con las biofísicas; además, en el test de *Bonferroni* no muestran diferencias significativas entre ellos.

El segundo grupo que se podría conformar sería el formado por *Festucion eskiae*, *Festucion scopariae* y el *Nardion*. Este grupo tiene los valores más bajos tanto en las variables biofísicas, como si se comparan las topo-morfológicas. Entre estos dos grupos existen diferencias significativas si se aplica el test de *Bonferroni*.

Por último, los *Prados* con valores intermedios que no pertenecerían a ninguno de los dos grupos anteriores.

Tras el análisis de las interacciones de los hábitats pascícolas en función de las propiedades biofísicas teniendo en cuenta las características topo-morfológicas, se ha concluido que las variables de altitud, pendiente y orientación, sí que pueden alterar los niveles LAI. Sin embargo, si se consideran de una forma individualizada, su capacidad de afectar a las propiedades biofísicas es menor. Puesto que en un mismo rango altitudinal, pendiente u orientación pueden aparecer valores elevados de LAI junto a valores menores.

Por último, hay que destacar la importancia de los SIG como la teledetección (en este caso se han utilizado imágenes Sentinel 2 del programa *Copérnicus*). La información facilitada por las imágenes permite la obtención de los datos actuales y pasados para su posterior análisis. Además, también pueden servir para la prevención, puesto que permiten conocer el estado actual de los hábitats y prever posibles amenazas. Asimismo, pueden ayudar en la toma de decisiones o en el inicio de proyectos sobre alguna zona. Actualmente, a la mayoría de los datos se puede acceder libremente, esto puede significar que cada vez más personas se interesen en proyectos relacionados con el medioambiente y la conservación de hábitats.

8. Bibliografía y otras fuentes de información

Ayuntamiento de Jaca, (2005). *Descripción del entorno físico, Diagnóstico de sostenibilidad*. Agenda 21. Disponible en:

https://www.jaca.es/sites/default/files/3_bloque_i_cap_2_entorno_fisico_0.pdf

Benito Alonso, José Luis. (2005). *Flora y vegetación del Parque nacional de Ordesa y Monte Perdido*. Universidad de Barcelona, Facultad de Biología, Barcelona.

Benito Alonso, José Luis. (2010). *La vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*. Jolube Editor y Consultor Ambiental. Jaca

Bernués Jal, Alberto; Olaizola Tolosana, Ana M., (2012). *La Ganadería en los Pirineos: evolución, condicionantes y oportunidades, Sistemas Agro-silvo-pastorales sostenibles*. Disponible en:

https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/2142/1/2012_342.pdf

Boletín Oficial de las Cortes de Aragón, Número 184 (30-11-2001), *Plan forestal y de conservación de la biodiversidad en Aragón*. Disponible en: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/DICTAMEN_CPNA_PLAN_ACCION_FORESTAL_CONSERV_BIODIVERSIDD_ARAGON.pdf/acfbd3b4-e020-bb1f-2e57-5d1e7efb998b

Cano Sánchez, Javier. (1994). *¿Qué es y para qué sirve la Fenología?* Disponible: En el repositorio de AEMET.

Camacho, F.; Lanjeri, S.; Vaya, J.; Ruiz, G.; Martínez, B.; Jiménez, J, C.; Alonso, L. y González-Piqueras, J, (2008). *Cartografía medioambiental en tiempo real a partir de datos de teledetección y tecnologías de la información*. ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. Disponible: http://tig.agegeografia.es//gran_canaria08/ponencia_2/Camacho%20et%20al.pdf

Casterad Seral, M.A; López Lozano, R.; Acevedo Gómez, A. *Uso de técnicas SIG y teledetección en el seguimiento del cultivo de viña*. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Zaragoza.

Cheng, Y.B., S.L. Ustin, D. Riaño, V. C. Vanderbilt (2008): *Water content estimation from hyperspectral images and MODIS indexes in Southeastern Arizona. Remote Sensing of Environment*, 112: 363-374.

Chocarro, C. (1992). *Estudios ecológicos sobre prados de siega del Pirineo central español. composición florística, producción y calidad pp*. Publicaciones del Instituto de Estudios Altoaragoneses. Serie de Investigación Científica. Tesis doctoral en microficha

Fernández, María. (2011). *Estudio fenológico y aerobiológico en un viñedo en la comarca del Ribeiro*. Universidad de Vigo. Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del suelo. Ourense. Disponible en:

<http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/227/Estudio%20fenol%C3%B3gico%20y%20aerobiol%C3%B3gico%20en%20un%20vi%C3%B1edo.pdf?sequence=1>

Gómez, D., (2008), *Pastos del Pirineo, Breve descripción ecológica y florística*. Disponible en:

[file:///C:/Users/nesto/Desktop/Capas%20TFG/Redacci%C3%B3n/gomez_2008_descripcion_pastos%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/nesto/Desktop/Capas%20TFG/Redacci%C3%B3n/gomez_2008_descripcion_pastos%20(1).pdf)

Gómez, D. (2004), *"Flora y vegetación de la Jacetania"*. Libro de las comarcas de Aragón, disponible en:

file:///C:/Users/nesto/Desktop/Daniel_Gomez_Flora%20y%20vegetaci%C3%B3n%20Jacetania.pdf

Gobierno de Aragón, (2010), *Memoria resumen y análisis preliminar de incidencia ambiental del plan de zona de desarrollo rural de la comarca de la Jacetania*, Departamento de Medio ambiente. Disponible en:

<https://www.aragon.es/documents/20127/674325/19-APIA%20JACETANIA.pdf/26fe4cb6-54ab-4dbd-34ea-49b397463f4f>

Gobierno de Aragón, *Plan comarcal de desarrollo rural sostenible de la comarca de la Jacetania*, ISA (noviembre,2010). Disponible en:

https://www.aragon.es/documents/20127/674325/ISA_JACETANIA.pdf/011bb16d-2ccd-6dc7-9f3f-66e84c515980

Gobierno de Aragón, *Plan comarcal de desarrollo rural sostenible de la comarca de la Ribagorza*, ISA (febrero,2010). Disponible en:

https://www.aragon.es/documents/20127/674325/ISA_RIBAGORZA_ene2011.pdf/0cc10b59-9e4d-894d-edf7-f607e17b8763

Gobierno de Aragón, *Plan comarcal de desarrollo rural sostenible de la comarca del Sobrarbe*, ISA (noviembre,2010). Disponible en:

http://www.ainsa-sobrarbe.es/pub/documentos/pgou/7._INFORME_DE_SOSTENIBILIDAD_AMBIENTAL/ISA%20Ainsa.pdf

Gobierno de Aragón, (2007), *Atlas climático de Aragón*. Disponible en: <https://www.aragon.es/-/atlas-climatico-de-aragon>

Gobierno de España. MITECO (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico) (2003). *Atlas y manual de los Hábitats de España*.

Gobierno de España. Ministerio de transportes movilidad y agenda urbana. Instituto Geográfico Nacional, centro Nacional de Información Geográfica. *Teledetección*. Disponible en:

<https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf>

Gobierno de España, *Conservación de los hábitats naturales, fauna y flora silvestres*. Disponible en:

https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/programas-ue/Habitats_tcm30-57846.pdf

Intagri (2016). *El Índice de Área Foliar (IAF) y su Relación con el Rendimiento del Cultivo del Maíz*. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>.

Martínez Díaz Beatriz, (2006). *Caracterización de parámetros biofísicos de la cubierta vegetal para la validación de productos derivados mediante teledetección. Aplicación de técnicas geoestadísticas*. Universidad de Valencia, Facultad de Física. Valencia. Disponible: <https://core.ac.uk/download/pdf/71011506.pdf>

Lasanta-Martínez, T.; Vicente-Serrano, S.M.; Cuadrat-Prats, J.M., (2005). *Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees*. *Applied Geography*, 25, 47- 65.

Martínez, Susana. (2017). *Climatología y Fenología Agrícola*. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/52763/mod_resource/content/2/11-2%20-%20Fenologia%20agricola.pdf

Ochoa García, Carolina (2015). *Consecuencias de la globalización en el manejo del medioambiente*. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/consecuencias-de-la-globalizacion-en-el-manejo-del-medio-ambiente/>

Vicente-Serrano, S.M.; Lasanta-Martínez, T.; Cuadrat-Prats, J.M., 2000. *Influencia de la ganadería en la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación en un área de montaña: el ejemplo del valle de Borau (Pirineo aragonés)*. Disponible: *Geographicalia*, 38, 33-57.

Vidal, Pablo. (2012). *Comparación de métodos de estimación del Índice de Área Foliar en el cultivo del algodón*. Universidad Nacional del Nordeste. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_tesis_pablo_vidal_comparacin_area_foliar_en_algo.pdf

Webgrafía

Agencia espacial europea (ESA). <https://scihub.copernicus.eu/>

Climate-data.org. <https://es.climate-data.org/>

Copernicus Open Acces hub. <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

Corine-Land-Cover <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

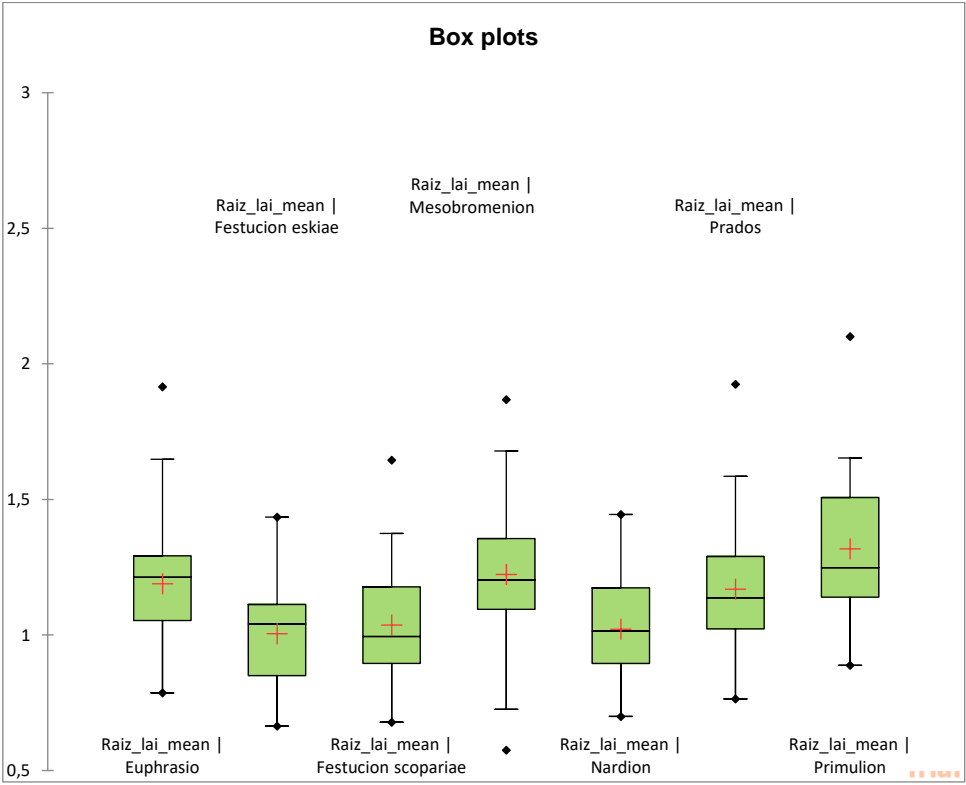
L3HARRIS. GEOSPATIAL. *Canopy Wáter Content*. Disponible en:
<https://www.harrisgeospatial.com/docs/CanopyWaterContent.html>

Sentinelhub Playground.

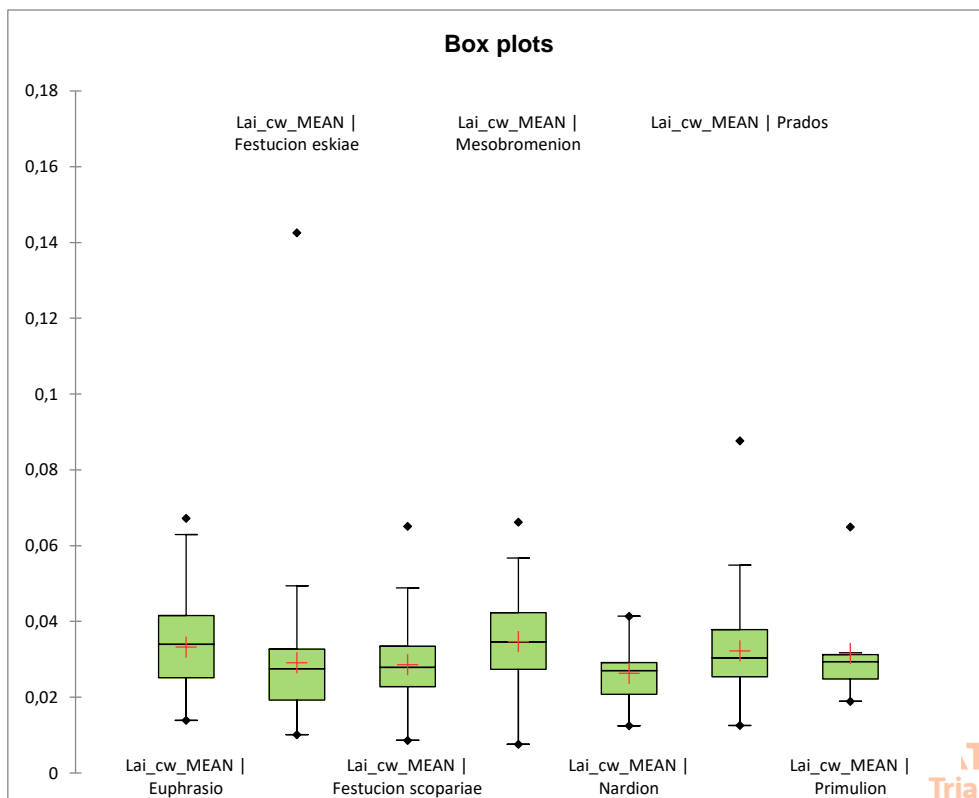
[https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/?source=S2&lat=40.4&lng=-3.730000000000018&zoom=12&preset=1-NATURAL-](https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/?source=S2&lat=40.4&lng=-3.730000000000018&zoom=12&preset=1-NATURAL-COLOR&layers=B01,B02,B03&maxcc=20&gain=1.0&gamma=1.0&time=2020-03-01%7C2020-09-02&atmFilter=&showDates=false)

[COLOR&layers=B01,B02,B03&maxcc=20&gain=1.0&gamma=1.0&time=2020-03-01%7C2020-09-02&atmFilter=&showDates=false](https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/?source=S2&lat=40.4&lng=-3.730000000000018&zoom=12&preset=1-NATURAL-COLOR&layers=B01,B02,B03&maxcc=20&gain=1.0&gamma=1.0&time=2020-03-01%7C2020-09-02&atmFilter=&showDates=false)

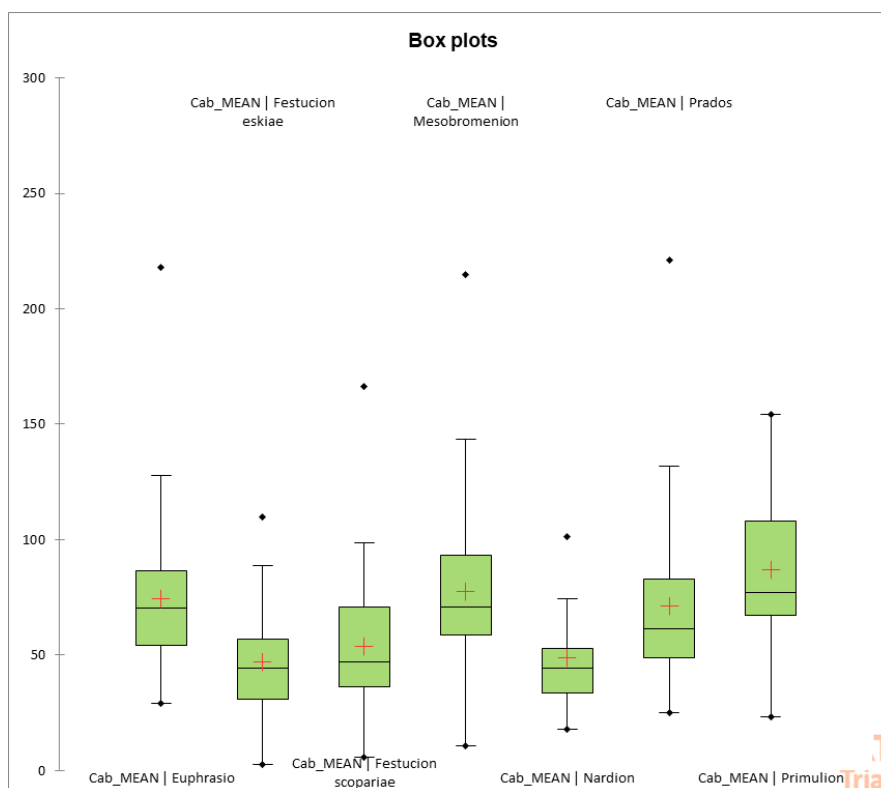
9. Anexos



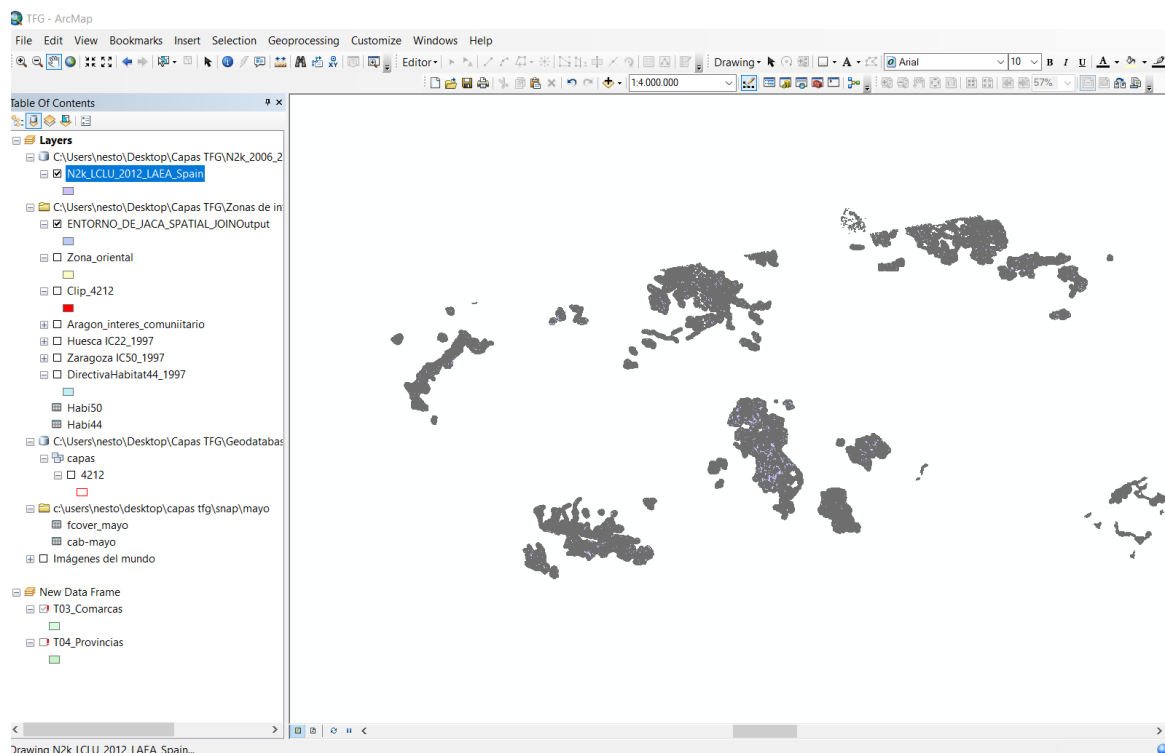
Anexo 1. Box plots de los hábitats referente al LAI.



Anexo 2 Box plots de los hábitats referente al CW.



Anexo 3. Box plots de lo hábitats referente al CAB.



Anexo 6. Capa de los tipos de hábitat en España.

Tipos*Altura / Bonferroni / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:					
Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
Festucion eskiae*3456 vs Primulion*45	-0,313	-5,213	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*3456 vs Mesobromenion*34	-0,219	-6,967	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*3456 vs Euphrasio*34	-0,184	-5,379	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*3456 vs Prados*234	-0,165	-4,922	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*3456 vs Festucion scopariae*45	-0,032	-0,915	3,052	0,360	No
Festucion eskiae*3456 vs Nardion*45	-0,016	-0,310	3,052	0,757	No
Nardion*45 vs Primulion*45	-0,297	-4,240	3,052	< 0.0001	Yes
Nardion*45 vs Mesobromenion*34	-0,203	-4,243	3,052	< 0.0001	Yes
Nardion*45 vs Euphrasio*34	-0,168	-3,382	3,052	0,001	Yes
Nardion*45 vs Prados*234	-0,148	-3,021	3,052	0,003	No
Nardion*45 vs Festucion scopariae*45	-0,016	-0,316	3,052	0,752	No
Festucion scopariae*45 vs Primulion*45	-0,281	-4,853	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae*45 vs Mesobromenion*34	-0,187	-6,917	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae*45 vs Euphrasio*34	-0,152	-5,027	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae*45 vs Prados*234	-0,132	-4,514	3,052	< 0.0001	Yes
Prados*234 vs Primulion*45	-0,149	-2,617	3,052	0,009	No
Prados*234 vs Mesobromenion*34	-0,054	-2,211	3,052	0,027	No
Prados*234 vs Euphrasio*34	-0,020	-0,698	3,052	0,486	No
Euphrasio*34 vs Primulion*45	-0,129	-2,253	3,052	0,025	No
Euphrasio*34 vs Mesobromenion*34	-0,035	-1,353	3,052	0,177	No
Mesobromenion*34 vs Primulion*45	-0,094	-1,697	3,052	0,090	No
Modified significance level:			0,002		

Anexo 7. Test de Bonferroni, interacciones hábitat altura

Tipos*Pendiente / Bonferroni / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
Festucion eskiae*123 vs Primulion*123	-0,313	-5,213	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*123 vs Mesobromenion*	-0,219	-6,967	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*123 vs Euphrasio*1	-0,184	-5,379	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*123 vs Prados*1	-0,165	-4,922	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*123 vs Festucion scopariae*	-0,032	-0,915	3,052	0,360	No
Festucion eskiae*123 vs Nardion*123	-0,016	-0,310	3,052	0,757	No
Nardion*123 vs Primulion*123	-0,297	-4,240	3,052	< 0.0001	Yes
Nardion*123 vs Mesobromenion*1	-0,203	-4,243	3,052	< 0.0001	Yes
Nardion*123 vs Euphrasio*1	-0,168	-3,382	3,052	0,001	Yes
Nardion*123 vs Prados*1	-0,148	-3,021	3,052	0,003	No
Nardion*123 vs Festucion scopariae*2	-0,016	-0,316	3,052	0,752	No
Festucion scopariae*234 vs Primulion*	-0,281	-4,853	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae*234 vs Mesobrom	-0,187	-6,917	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae*234 vs Euphrasio*	-0,152	-5,027	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae*234 vs Prados*1	-0,132	-4,514	3,052	< 0.0001	Yes
Prados*1 vs Primulion*123	-0,149	-2,617	3,052	0,009	No
Prados*1 vs Mesobromenion*1	-0,054	-2,211	3,052	0,027	No
Prados*1 vs Euphrasio*1	-0,020	-0,698	3,052	0,486	No
Euphrasio*1 vs Primulion*123	-0,129	-2,253	3,052	0,025	No
Euphrasio*1 vs Mesobromenion*1	-0,035	-1,353	3,052	0,177	No
Mesobromenion*1 vs Primulion*123	-0,094	-1,697	3,052	0,090	No
Modified significance level:			0,002		

Anexo 8. Test de Bonferroni, interacciones hábitat pendiente.

Tipos*Orientaciones / Bonferroni / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
Festucion eskiae*2 vs Primulion*15	-0,313	-5,213	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*2 vs Mesobromenion*5	-0,219	-6,967	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*2 vs Euphrasio*5	-0,184	-5,379	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*2 vs Prados*5	-0,165	-4,922	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion eskiae*2 vs Festucion scopariae*5	-0,032	-0,915	3,052	0,360	No
Festucion eskiae*2 vs Nardion*5	-0,016	-0,310	3,052	0,757	No
Nardion*5 vs Primulion*15	-0,297	-4,240	3,052	< 0.0001	Yes
Nardion*5 vs Mesobromenion*5	-0,203	-4,243	3,052	< 0.0001	Yes
Nardion*5 vs Euphrasio*5	-0,168	-3,382	3,052	0,001	Yes
Nardion*5 vs Prados*5	-0,148	-3,021	3,052	0,003	No
Nardion*5 vs Festucion scopariae*5	-0,016	-0,316	3,052	0,752	No
Festucion scopariae*5 vs Primulion*15	-0,281	-4,853	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae*5 vs Mesobromenion*5	-0,187	-6,917	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae*5 vs Euphrasio*5	-0,152	-5,027	3,052	< 0.0001	Yes
Festucion scopariae*5 vs Prados*5	-0,132	-4,514	3,052	< 0.0001	Yes
Prados*5 vs Primulion*15	-0,149	-2,617	3,052	0,009	No
Prados*5 vs Mesobromenion*5	-0,054	-2,211	3,052	0,027	No
Prados*5 vs Euphrasio*5	-0,020	-0,698	3,052	0,486	No
Euphrasio*5 vs Primulion*15	-0,129	-2,253	3,052	0,025	No
Euphrasio*5 vs Mesobromenion*5	-0,035	-1,353	3,052	0,177	No
Mesobromenion*5 vs Primulion*15	-0,094	-1,697	3,052	0,090	No
Modified significance level:			0,002		

Anexo 9. Test de Bonferroni, interacciones hábitat orientación.

Anexo 10. *Tabla de datos de hábitats.*